

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO MINERO PARA LA
EXPLOTACIÓN DE HIERRO, MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y
PUZOLANA EN LAS UNIDADES QUEBRADAHONDA-PAIPA Y PANTANO DE
VARGAS- DUITAMA DEL MUNICIPIO DE PAIPA.**

**ZULMA LORENA CUESTA LÓPEZ
IVÁN DARÍO URBANO CÁRDENAS**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA INGENIERÍA DE MINAS
SOGAMOSO-BOYACÁ
2015**

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO MINERO PARA LA
EXPLOTACIÓN DE HIERRO, MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y
PUZOLANA EN LAS UNIDADES QUEBRADAHONDA-PAIPA Y PANTANO DE
VARGAS-DUITAMA DEL MUNICIPIO DE PAIPA.**

**ZULMA LORENA CUESTA LÓPEZ
IVÁN DARÍO URBANO CÁRDENAS**

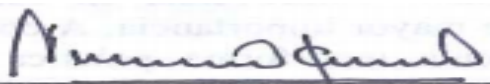
Proyecto presentado como requisito para optar el título de ingeniero en minas
en la modalidad monografía
Proyección – social.

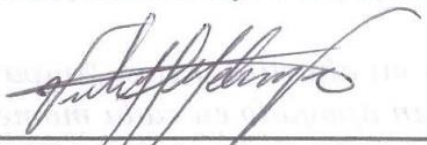
**Director del proyecto:
PASCUAL FONSECA PERALTA
Ingeniero de Transporte y Vías.
Especialista en Ordenamiento Territorial.**

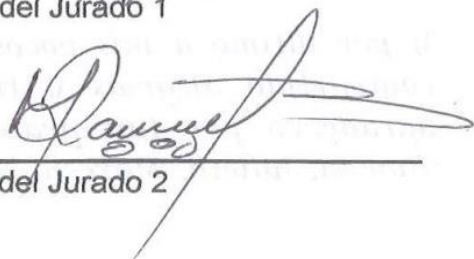
**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS
SOGAMOSO
2015**

Nota de aceptación:



Firma Presidente del Jurado


Firma del Director Proyecto de Grado


Firma del Jurado 1


Firma del Jurado 2


Firma Estudiante


Firma Estudiante

Sogamoso, Julio de 2015.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a toda la buena energía presente en mi vida que ha permitido la salud y la fuerza de seguir adelante cada día sin importar cuantos obstáculos se presenten en ella.

A mis hermanas Marysol, Alejandra, Luz Mery y Consuelo; mis compañeras de lucha, las cuales son mi apoyo incondicional en todo momento.

A mis padres Mery Lucila López López y Héctor José Cuesta Rivera Por haberme dado la vida y hacer de mí la persona que soy hoy en día.

A mis padrinos Elizabeth Cepeda y Samuel Sáchica, por su cariño y apoyo para culminar esta etapa.

A mi abuelita y tíos: Amparo, Gladys y Jairo López, personas que me han apoyado en cada momento de mi vida.

Y por último a mis pocos pero verdaderos amigos con los que he compartido alegrías y tristezas a lo largo de este camino, les agradezco por tan gratos momentos: Andrea, Carolina, Catalina, Diana, Jimena, Julieth, Marcela, Mauricio, Paola y Sary.

ZULMA LORENA CUESTA LÓPEZ.

Dedico este proyecto principalmente a Dios, pues es el dador de toda la vida y la sabiduría; con su favor se ha culminado esta labor, la gloria y la honra sean para Él.

A mi madre Rosa María Cárdenas y a mi padre Wilmar Iván Urbano que sin su colaboración, amor y consejo, jamás lo hubiese logrado. Al igual q a mi sobrino y hermana, gracias por estar siempre ahí.

A toda mi familia que me brindó su respaldo y comprensión en los momentos más difíciles en especial a María Cárdenas y Delcy Urbano quienes siempre estuvieron allí para tenderme la mano.

Finalmente dedico este proyecto a mis amigos y compañeros quienes caminaron junto conmigo a lo largo del sendero. Gracias a ustedes todo este proceso fue una experiencia de vida enriquecedora y generalmente divertida, junto a ustedes crecí en conocimiento y carácter.

Muchas gracias.

IVÁN DARÍO URBANO CÁRDENAS.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del proyecto expresan sus agradecimientos por la colaboración prestada para su elaboración y desarrollo a las siguientes personas y entidades:

Dra. Luz Amanda Camargo Vargas. Alcaldesa del municipio de Paipa.

Arquitecto. Giovanni Alfonso Molano Moreno. Secretario de planeación del municipio de Paipa.

Aura Quijano Hernández. Secretaria escuela de ingeniería de minas.

Ingeniera geógrafa. Diana Milena Calderón. Funcionaria del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Ingeniero geógrafo. Fernando León Rivera. Subdirector de geografía y cartografía. Instituto geográfico Agustín Codazzi

Ingeniera de sistemas. Leidy Camargo. Funcionaria de planeación del municipio de Paipa.

Ingeniero civil. Pascual Fonseca Peralta. Director del proyecto y guía esencial en la realización del mismo.

Ingeniero en minas. Jaime William Jojoa Muñoz. Director de escuela y apoyo en la realización del proyecto

Ingeniero geólogo. Edwards Estepa Camacho.

Ingeniera en minas. Leidy Marisol Avendaño Morales.

Comunidad del sur del municipio de Paipa.

Titulares mineros del sur de Paipa.

Laboratorios de suelos y aguas, escuela de Ingeniería agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, seccional Tunja.

“LA AUTORIDAD CIENTÍFICA DE LA FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO,
RESIDE EN ELLA MISMA, POR LO TANTO NO RESPONDE DE LAS
OPINIONES EXPRESADAS EN ESTE PROYECTO”

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVOS	20
1. GENERALIDADES	21
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	21
1.2 SITUACIÓN JURÍDICA DE LOS YACIMIENTOS	21
1.3 RASGOS FISIOGRÁFICOS	21
1.3.1 Clima.	21
1.3.2 Temperatura.	21
1.3.3 Precipitaciones.	21
1.3.4 Topografía.	23
1.3.5 Flora y fauna.	23
1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL PLAN DE ORDENAMIENTO MINERO EN EL MUNICIPIO DE PAIPA.	23
1.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.	23
2. GEOLOGÍA	24
2.1 GEOLOGÍA GENERAL	24
2.1.1 Estratigrafía.	24
2.1.2 Geología estructural.	26

	Pág.
2.2 GEOLOGÍA LOCAL	28
2.2.1 Geomorfología	28
2.2.2 Estratigrafía.	28
2.2.3 Estructural.	28
2.3 GEOLOGÍA DE LOS YACIMIENTOS.	29
2.3.1 Características del depósito de mineral de hierro.	29
2.3.2 Características del depósito de materiales de construcción.	29
2.3.3 Características del depósito de puzolana	30
 3. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MAPA DE ORDENAMIENTO MINERO-AMBIENTAL	 31
3.1 ANÁLISIS DEL MEDIO	31
3.2 INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA MINERA	32
3.3 ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA	32
3.4 DIAGNÓSTICO TERRITORIAL	33
3.4.1 Valoración del territorio en términos de méritos de conservación.	33
3.4.2 Definición de las unidades territoriales.	35
3.4.3 Estimación de la fragilidad o vulnerabilidad del territorio ante la actividad extractiva.	36
3.4.4 Estimación de la aptitud del territorio para la explotación minera.	37
3.4.5 Determinación de la capacidad de acogida del territorio ante la explotación minera.	38
3.4.6. Zonificación del territorio.	39

	Pág.
4. ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO MINERO.	41
4.1 ANÁLISIS DEL MEDIO DE LA ZONA DE ESTUDIO	41
4.1.1 Medio físico.	41
4.1.2 Clima.	44
4.1.3 Suelos.	44
4.1.4 Aguas.	45
4.1.5 Cobertura vegetal	47
4.1.6 Paisajes.	48
4.1.7 Fauna.	49
4.1.8. Medio socioeconómico.	51
4.1.9. Caracterización socio cultural	52
4.2. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA.	53
4.2.1. Características del mineral de hierro.	54
4.2.2 Características de los materiales de construcción.	57
4.2.3. Características de la Puzolana.	59
4.3. MÉTODO Y SISTEMA DE EXPLOTACIÓN SUGERIDO PARA LOS MINERALES DE HIERRO, MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y PUZOLANA.	66
4.4. ZONIFICACIÓN DEL TERRITORIO Y METODOLOGÍA GENERAL DE LA VALORACIÓN.	76
4.4.1. Zonificación de las áreas protegidas.	77
4.5 APTITUD.	78
4.6 IMPACTO.	81
4.6.1. Aplicación de modelo impacto-aptitud.	82

	Pág.
4.7. CAPACIDAD DE ACOGIDA.	82
5. PLAN DIRECTOR MINERO AMBIENTAL	87
5.1 RESTAURACIÓN DE LA CAVIDAD DE EXPLOTACIÓN	88
5.2. INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA.	89
5.3. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES PARA LAS OPERACIONES DE RESTAURACIÓN.	92
5.4. RESTAURACIÓN AL MEDIO FÍSICO.	94
5.4.1 Restructuración de la capa vegetal.	94
5.4.2 Modelado de las bermas y suavización de pendientes.	95
5.4.3 Medidas para corregir la escasez de agua.	95
5.4.4 Cubrimiento con caliza para corregir la acidez del suelo.	95
6. COSTOS E INVERSIÓN DEL PROYECTO	96
CONCLUSIONES.	98
RECOMENDACIONES.	99
BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFÍA	100
ANEXOS	103

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valoración de impacto global.	37
Cuadro 2. Acueducto de la zona de estudio.	46
Cuadro 3. Fauna de la zona de estudio.	50
Cuadro 4. Metodología para la valoración del potencial geológico minero.	53
Cuadro 5. Diagnóstico del componente minero.	54
Cuadro 6. Diagrama para la inclusión del componente minero en el pot.	61
Cuadro 7. Listado de títulos mineros de minerales no energéticos de Paipa.	62
Cuadro 8. Información actualizada de los títulos mineros en la zona de estudio.	64
Cuadro 9. Resultados del diseño de bancos.	71
Cuadro 10. Resumen de las propiedades mecánicas del suelo.	71
Cuadro 11. Cálculo altura de banco para estéril.	72
Cuadro 12. Propiedades mecánicas de materiales de construcción.	72
Cuadro 13. Propiedades mecánicas de la puzolana.	73
Cuadro 14. Propiedades mecánicas del mineral de hierro.	73
Cuadro 15. Valores para el diseño de la cuneta de desagüe	77
Cuadro 16. Zonas protegidas	77
Cuadro 17. Valoración del medio, aptitud e impacto.	84
Cuadro 18. Clases de capacidad de acogida y categoría del modelo impacto.	85
Cuadro 19. Capacidad de acogida para las explotaciones.	86
Cuadro 20. Factores que influyen en el tipo de restauración.	93
Cuadro 21. Costos.	96

Pág.

Cuadro 22. Financiación.

97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.	22
Figura 2. Análisis del medio físico	41
Figura 3. Mapa de la erosión en la zona de estudio.	50
Figura 4. Mapa de valor natural.	51
Figura 5. Localización de las explotaciones activas.	65
Figura 6. Características geométricas de los bancos.	68
Figura 7. Mapa de aptitud	81
Figura 8. Mapa de impacto	82
Figura 9. Mapa de capacidad de acogida	83
Figura 10. Mapa de ordenamiento minero	83
Figura 11. Modelo de restauración por minería de transferencia	88
Figura 12. Restauración de escombreras por minería de transferencia en bancos descendentes.	88
Figura 13. Disimulación de escombrera mediante una pantalla de tierra (arriba) y mediante una combinación de pantalla de tierra y de vegetación (abajo).	89
Figura 14. Posibilidades de remodelación de escombreras.	90
Figura 15. Remodelado de escombrera mediante su extensión, para reducir su altura y su impacto paisajístico.	91

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Mina de hierro el mortío.	56
Fotografía 2. Poceta de desagüe, mina quebradahonda.	56
Fotografía 3. Cantera de materiales de construcción, cruz de murcia.	58
Fotografía 4. Recuperación de la capa vegetal en la mina la casajera.	58
Fotografía 5. Mina en explotación activa por cemex, venta del llano.	59
Fotografía 6. Mina en explotación, cementos argos, venta del llano.	60
Fotografía 7. Yacimiento en labores iniciales, cementos argos, quebradahonda	60
Fotografía 8. Mina en explotación activa, minería de pantoja s.a, venta del llano	61

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Determinación del peso de los componentes	34
Ecuación 2. Valor agregado	36
Ecuación 3. Estimación de la aptitud	38
Ecuación 4. Cálculo de los elementos de los bancos	70

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Estaciones climáticas del municipio de Paipa.

Anexo B. Resultados análisis de suelos.

Anexo C. Resultados análisis de aguas.

Anexo D. Encuesta y resultados.

Anexo E. Planos.

Anexo F. CD de información suministrada por el IGAC y la Alcaldía de Paipa.

Anexo G. DVD

RESUMEN

El presente trabajo describe la metodología cualitativa, sobre la elaboración de un plan de ordenamiento minero, según la metodología del Instituto geológico y minero de España, (IGME), aplicado a la explotación de minerales no energéticos; en este caso mineral de hierro, materiales de construcción y puzolana, localizados en las unidades Quebradahonda-Paipa y Pantano de Vargas-Duitama, sur del municipio de Paipa

En los preliminares se indica la metodología a realizar, los datos obtenidos por el trabajo de campo, información proporcionada, cartografía y estudios básicos del plan de ordenamiento territorial del municipio de Paipa

Ya obtenida la información pertinente, se realiza la fase principal del proyecto que consiste en aplicar los datos y conceptos obtenidos anteriormente y en discriminar cada punto de la metodología para lograr el objetivo general del trabajo.

Una vez cumplidos los objetivos se obtuvieron los productos que se plasman en los mapas requeridos para el plan de ordenamiento minero de la zona de estudio.

Por último se realizó un modelo de plan director minero, que consiste en reunir características físicas, ambientales, pedológicas, y de la actividad minera presente en la zona de estudio para dar posibles soluciones y seguir un modelo de restauración de los terrenos afectados por la minería a tajo abierto de mineral de hierro, puzolana y materiales de construcción.

INTRODUCCIÓN

Debido a la extracción de los minerales de hierro, materiales de construcción y puzolana en las unidades Quebradahonda-Paipa y Pantano de Vargas- Duitama, ubicadas en el sur de Paipa, se han venido presentando problemas con la comunidad del sector en cuanto al rechazo total hacia la misma, estas quejas y reclamos en cierta parte son de manera justificada, puesto que empresas como CEMEX, ARGOS y los dueños de los títulos mineros de la zona, no tienen un plan de extracción responsable con el ambiente, por esta razón en conjunto con la administración municipal se tomó la iniciativa de elaborar un plan de ordenamiento minero ambiental para zonificar o demarcar las áreas explotables, determinar las áreas restringidas, hacer un estudio sobre la afectación de la minería hacia los recursos naturales e implementar un plan director minero en el que se encuentren las posibles alternativas a realizar para mitigar estos daños, hacer factible la responsabilidad ambiental en las labores de extracción y mantener la armonía con la comunidad paipana.

En otras palabras, lo que se propone con el plan de ordenamiento minero es una localización más adecuada, dentro de un determinado ámbito geográfico, de las actividades mineras en función de la vulnerabilidad, potencialidad y capacidad de acogida del medio, y del grado de compatibilidad entre los diferentes usos de los recursos naturales, dentro del marco de una estrategia de desarrollo económico, social, cultural y ambiental sostenible por medio de los sistemas de información geográfica y de la previa información básica requerida para ello.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar el plan de ordenamiento minero para la explotación de hierro, materiales de construcción y puzolana en las unidades Quebradahonda-Paipa y Pantano de Vargas-Duitama del municipio de Paipa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Zonificar el territorio donde se encuentran los recursos mineros en cuanto a su aptitud para la explotación, tanto desde el punto de vista minero como ambiental.

Determinar la existencia de otras zonas mineras en las unidades a estudiar.

Realizar un “mapa de ordenamiento minero-ambiental”, síntesis de una colección de cartografías temáticas ambientales y geológico-mineras, que sirva de base para la integración de la actividad minera en los planes de ordenamiento territorial y que pueda constituir una herramienta para las empresas explotadoras, planificadores y gestores, direccionando la actividad extractiva hacia las zonas donde la afección ambiental sea menor.

Establecer “criterios y modelos de explotación” combinando criterios de máxima productividad y de mínimo impacto ambiental, y considerando la seguridad en el diseño geométrico de las terrazas.

Proponer un “plan director minero-ambiental” básico, para corregir, minimizar y restaurar los problemas técnicos y ambientales existentes en las explotaciones de puzolana, hierro y materiales de construcción, consiguiendo una mayor racionalización y planificación de las explotaciones mediante la realización de proyectos globales de infraestructuras comunes.

Utilizar los sistemas de información geográfica (GIS), para el desarrollo óptimo y efectivo del proyecto.

Con el software Arcgis 9.3 y pruebas de laboratorio determinar los daños causados en los suelos y en las corrientes acuíferas presentes en las explotaciones de los minerales anteriormente nombrados.

1. GENERALIDADES

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Los lugares de estudio se encuentran ubicados dentro de la unidad de funcionamiento espacial, del plan de ordenamiento territorial del municipio de Paipa de la siguiente manera:

Unidad Pantano de Vargas- Duitama.

A esta unidad pertenecen las veredas: Rincón de Vargas, Pantano de Vargas, Cruz de Murcia y Venta del Llano, al extremo sur occidental del municipio, la vía de acceso es la ruta pavimentada que existe de Paipa a la vereda Pantano de Vargas, con desvío a las veredas vecinas.

Unidad Quebradahonda-Paipa.

La unidad está ubicada en la zona sur occidental del municipio de Paipa y comprende las veredas de Quebradahonda, y parte de la vereda Venta del Llano, las rutas unen a Paipa-Quebradahonda.

1.2 SITUACIÓN JURÍDICA DE LOS YACIMIENTOS

Según el Catastro Minero Colombiano y la Agencia Nacional de Minería, la zona de estudio cuenta con 22 títulos mineros, los cuales presentan diversas características, entre explotaciones activas y vigentes; también se presentan áreas libres. En total la minería superficial en el municipio de Paipa cuenta con 34 títulos mineros.

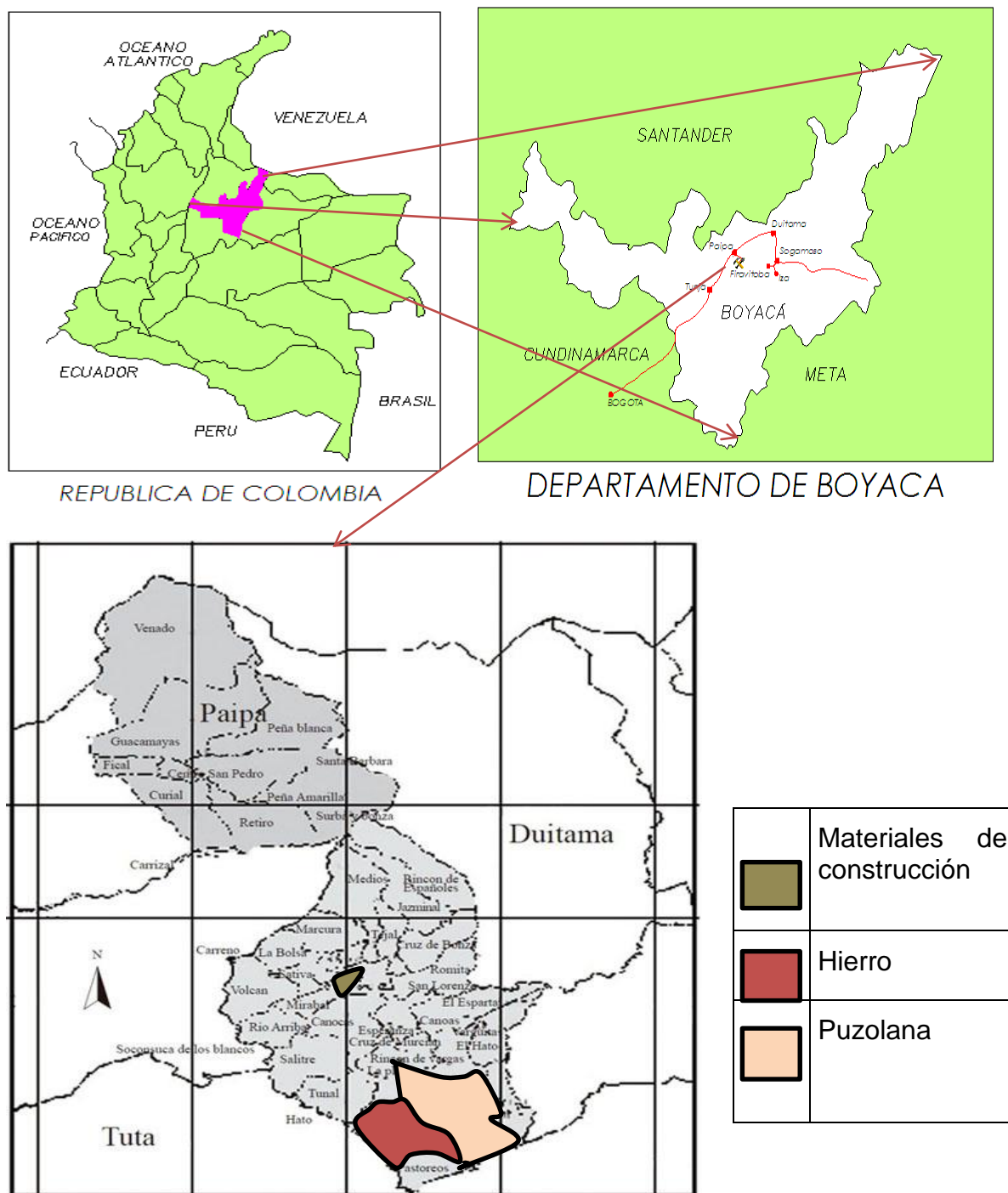
1.3 RASGOS FISIOGRÁFICOS

1.3.1 Clima. El municipio de Paipa presenta elevaciones entre los 2500 y 2.900 m.s.n.m. Por lo tanto se define como una zona fría seca.

1.3.2 Temperatura. Según los registros del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), de los datos obtenidos por la estación Tinguavita desde el año 2000 hasta el 2014, el valor anual de temperatura es de 15.1°C.

1.3.3 Precipitaciones. La distribución espacial de las lluvias es de forma bimodal de abundantes precipitaciones entre los meses de abril y mayo con un valor anual de 995.9 milímetros (mms).

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.



Fuente. IGAC, Plan de ordenamiento territorial del municipio de Paipa. 2009

1.3.4 Topografía. En el municipio de Paipa se observan elevaciones que van desde los 2500 m.s.n.m. Hasta los 2.900 m.s.n.m.

1.3.5 Flora y fauna. La región de Paipa hace parte del cinturón de páramos de la cordillera oriental, donde se encuentran los de mayor extensión y número de especies respecto a los páramos de las otras cordilleras. Se caracteriza por presentar dos ecosistemas muy importantes para el aprovisionamiento de agua y claramente diferenciados entre sí: los páramos y los bosques altoandinos. Los páramos se destacan por su gran diversidad de frailejones y por su alto nivel de endemismo de especies, es decir, que las especies que se encuentran allí no se encuentran en ningún otro lugar del mundo. Los bosques altoandinos son en su mayoría secundarios, alcanzan en los sitios de mejor desarrollo 15 m de altura, presentan abundantes epífitas sobre troncos y ramas, y en algunos casos pueden estar dominados por encenillos (*Weinmannia tomentosa*), susques (*Ocotea calophylla*) o robles (*Quercus humboldtii*, vulnerable).

1.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL PLAN DE ORDENAMIENTO MINERO EN EL MUNICIPIO DE PAIPA.

Actualmente en el municipio de Paipa se lleva a cabo la elaboración del plan nacional de desarrollo 2012-2016 en el cual debe ir incluida la zonificación y el apartado de ordenamiento minero, para reestructurar y actualizar la información que se plasmaba en el plan de ordenamiento territorial del año 2009, el último del que se tiene conocimiento y que está actualmente en vigencia. Por lo tanto la administración municipal ha venido trabajando junto con la secretaria de planeación y la secretaria de agricultura y minería para así poder cumplir los objetivos en cuanto a la actualización de la información integral del municipio de Paipa.

1.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.

En la estructura económica regional, Paipa participa ampliamente con diversos productos en cada uno de los sectores económicos. El valor agregado de estos productos no solamente ha permitido una diversificación intrínseca, sino también es fuente de ingresos de numerosas familias que fomentan la cultura de productos característicos del municipio. La extracción minera juega un papel importante en la economía, pero en porcentaje es relativamente baja, pues son pocas las personas que se dedican a esta actividad.

2. GEOLOGÍA

2.1 GEOLOGÍA GENERAL

El área del municipio de Paipa se localiza en la cordillera oriental de Colombia, y se caracteriza por presentar rocas sedimentarias de origen marino y continental, y la presencia de algunos cuerpos ígneos intrusivos. La edad de las rocas estratificadas presentes varía entre el triásico y el terciario superior; otros depósitos sedimentarios recientes pertenecen al período cuaternario.

La falla de Boyacá. Accidente tectónico regional que marca la división de dos conjuntos de facies sedimentarias y rasgos morfoestructurales característicos; la región al norte de la falla, con presencia de depósitos jura-triásicos y cretáceos marinos de amplios pliegues, y otra región hacia el sur de la misma falla, caracterizada por la presencia de sedimentos terciarios continentales, sedimentos marinos del cretáceo superior y la presencia de cuerpos ígneos volcánicos andesíticos.

2.1.1 Estratigrafía. A continuación se describen de más antiguas a más jóvenes las unidades estratigráficas presentes en la región de Paipa.

Formación Palermo (TrJp). La formación Palermo está constituida por conglomerados, shales negros y areniscas de grano fino a medio de colores rojizos, verdes y violáceos. Se correlaciona con la formación girón, y posiblemente pertenece a sedimentación del mesozoico¹.

La formación Palermo posee su columna tipo en el corregimiento de Palermo, distribuyéndose ampliamente en una zona vecina al río chontal y constituyendo el núcleo erosionado del anticlinal de arcabuco. Su espesor se estima en 530 metros.

Formación Montebel (Jim). La formación Montebel, de edad jurásica, se distribuye ampliamente al norte del municipio de Paipa, y en la vecindad del corregimiento de Palermo. Está constituida por shales negros, limolitas café a rojizas e intercalaciones de areniscas arcillosas y feldespáticas de colores grises, rojizo y verdosas. Su espesor en la región ha sido estimado en cerca de 400 metros.

Formación la Rusia (Jru). La formación la Rusia, está constituida por intercalaciones de areniscas rojizas y blancas finas, areniscas conglomeráticas, y limolitas rojizas a verdes. Se calcula un espesor de 344 metros en la sección

¹ LANGENHEIM. EN RENZONI, Geología del municipio de Paipa, 1981

aflorante entre Palermo y Paipa. Su edad según Langenheim es jurásica, post liásico superior².

Formación arcabuco (Jar). La formación arcabuco, de ambiente de depositación continental, está constituida por areniscas cuarzosas blancas e intercalaciones de shales rojizos. Su espesor en la zona de estudio se estima en aproximadamente 520 metros. Se presentan buenos afloramientos en la carretera Paipa- Palermo. Su edad estimada es del jurásico superior.

Formación Ritoque (Kiri). La formación Ritoque posee su localidad tipo en la quebrada Samacá, vecindad de Samacá (Boyacá). Está constituida por intercalaciones de limolitas amarillorajizas y calizas. Su espesor es de aproximadamente 80 a 110 metros. Esta unidad constituye el núcleo del sinclinal de los medios, presente parcialmente en el área del municipio de Paipa. Su edad es estimada en el cretáceo inferior con base en los estudios paleontológicos de Etayo, Julivert y Hubach.

Formación los medios. La formación los medios está conformada por dos miembros cartografiables que se denominan miembro conglomerático inferior (Kimi), y miembro limolítico superior (Kims).

El miembro conglomerático inferior está constituido por conglomerados, arenisca conglomerática y limolitas. Su espesor es de aproximadamente 120 metros.

El miembro limolítico superior está compuesto esencialmente de limolitas, con algunas intercalaciones de areniscas y su espesor en el área es de aproximadamente 150 metros.

Formación une (kv2). La formación une se presenta al suroriente de la región de Paipa, y está compuesta por areniscas blancas a amarillas e intercalaciones de shales negros. La unidad se presenta en contactos discordantes con los sedimentos terciarios (Tst) y un cuerpo ígneo intrusivo (tal).

Formación Churuvita (Ksch). La localidad tipo está definida en la región de Sáchica-Tunja. La formación Churuvita está compuesta por areniscas, arcillolitas, calizas principalmente, shales grises y limolitas. Su espesor es de aproximadamente 470 metros.³

Formación conejo (Kscn). Está compuesta por areniscas principalmente intercaladas por shales negros, limolitas y esporádicamente estratos de calizas. La localidad tipo se localiza entre Oicatá y Chivatá (Boyacá); en ésta sección se observan cerca de 280 metros de espesor.

Formación Plaeners (kg2). La formación Plaeners, en el sector de Paipa, está compuesta de chert y arcillolitas principalmente. Se observan afloramientos bien

² LANGENHEIM. EN RENZONI. Geología del municipio de Paipa. 1981.

³ RENZONI G. Geología del municipio de Paipa, 1981.

expuestos al suroriente del área, investigada principalmente en exposiciones correspondientes a canteras de explotación para materiales de construcción. Su espesor en el área se calcula en 100 a 120 metros. En otras secciones fuera del área la formación incluye niveles de porcelanitas, shales y fosforitas. Esta unidad se correlaciona con parte del grupo Guadalupe de la sabana de Bogotá.

Formación labor y tierna (kg1). La formación labor y tierna está compuesta principalmente por shales grisoscuros y areniscas de grano medio a fino; la denominada arenisca de labor presenta dureza intermedia, mientras la arenisca tierna se caracteriza por conformar horizontes friables característicos. Buenas exposiciones se observaron en la carretera Paipa-pantano de Vargas, y en el carreteable hacia la vereda el tunal. Su espesor estimado en el área es de 170 metros aproximadamente. Se correlaciona con el grupo Guadalupe de la sabana de Bogotá, y toma su nombre de las formaciones labor y tierna, no diferenciadas en el área investigada.

Formación guaduas (KTg). La formación guaduas constituye la transición del cretáceo superior al terciario, y está constituida por una secuencia de arcillolitas grises principalmente, areniscas friables y horizontes de carbón interestratificados. El espesor estimado es de 570 metros. Las exposiciones de la formación guaduas, al norte de Paipa están perturbadas por efectos de la falla de Boyacá.

Formación Bogotá (Tb). Al suroccidente de Paipa se exponen areniscas friables, arcillas rojizas a amarillentas correspondientes a la formación Bogotá, de edad paleoceno. Su espesor se estima en cerca de 250 metros.

Depósitos aluviales (Qa). Una amplia exposición de depósitos aluviales compuestos de limos, arcillas y arenas, caracteriza las planicies en la vecindad del río Chicamocha y parte del sitio del casco urbano de Paipa⁴.

Abanicos aluviales (Qal). Depósitos de abanico compuestos de gravas, arenas y arcillas.

Cuaternalio sin diferenciar (Qt). depósitos de taludes y otros derivados de movimientos en masa recientes, compuestos de arenas, arcillas y limos. En la carretera Paipa-pantano de Vargas, y en el carreteable hacia la vereda el tunal. Su espesor estimado en el área es de 170 metros aproximadamente. Se correlaciona con el grupo Guadalupe de la sabana de Bogotá, y toma su nombre de las formaciones labor y tierna.

2.1.2 Geología estructural. La región de Paipa está caracterizada por dos provincias morfoestructurales contrastantes. Hacia el norte de la falla de Boyacá se destaca un bloque tectónico levantado en el cual se identifica el sinclinal de los

⁴ VAN DER HAMMEN. Geología estructural del departamento de Boyacá. 1990.

medios, y el anticlinal de arcabuco. Hacia el sur de la falla de Boyacá se observa un bloque tectónico deprimido de paisaje ondulado, correspondiente al llamado bajo estructural o depresión del río Chicamocha. Mientras en el bloque norte se presentan estructuras plegadas amplias y básicamente constituídas por rocas del jurásico y triásico, en el bloque sur, es decir la depresión del Chicamocha, son notorios los plegamientos cortos y estrechos, y estructuras plegadas volcadas por acción de gravedad.

Falla de Boyacá. La falla de Boyacá es una falla fundamental de carácter regional, de tipo inverso, convergencia al NW y sobresale como un lineamiento de tendencia N45E. La falla afecta sedimentos antiguos Juratriásicos y rocas cretácicas, y constituye una barrera natural que delimitó la sedimentación del terciario en la depresión del río Chicamocha.

Falla el curial. La falla el curial se localiza al sur del corregimiento de Palermo, y presenta una dirección N100E. Brechas, escarpes de falla y dislocaciones en estratos constituyen evidencias de la falla, la cual está asociada a otros lineamientos de similar tendencia que podrían constituir la extensión de la misma. Toda esta zona asociando la falla y otros lineamientos se ha denominado como la zona de Fracturamiento de Palermo. Reviste gran importancia desde el punto de vista de la presencia de alta densidad de inestabilidad y movimientos de masa asociados, punto sobre el cual nos referiremos en el ítem análisis de amenazas naturales.

Anticlinal de arcabuco. El anticlinal de arcabuco constituye un pliegue cuyo eje se orienta según dirección N78E y afecta rocas triásico-jurásicas y cretácicas. Su origen se asocia al levantamiento final andino que dio lugar a la cordillera oriental en el terciario. El pliegue es amplio y se extiende más hacia el occidente, fuera del área; generalizando, el flanco sur presenta aproximadamente 20 grados de buzamiento, mientras su flanco norte presenta 15 grados de buzamiento. Su núcleo erosionado descubre rocas del triásico y está caracterizado por valles fluviales relativamente profundos de los ríos Cuestanó y chontal.

Sinclinal de los medios. El sinclinal de los medios es una estructura amplia de tendencia NE que parcialmente se identifica en el área. Es una estructura amplia con cabeceo al oriente y que afecta unidades Juratriásicas y cretácicas⁵.

⁵ INGEOMINAS. Informe técnico cartografía geológica y estructural sector sur del municipio de Paipa, proyecto de geodinámica, Bogotá. 2003. P 14.

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

2.2.1 Geomorfología. La región presenta elevaciones sobre el nivel del mar que alcanzan cotas entre los 2525 m.s.n.m hasta 2950 m.s.n.m. Topográficamente son diferenciables los escarpes pronunciados del grupo ígneo (stock de oolitas).

2.2.2 Estratigrafía. Son comunes los sedimentos del neógeno, así como las rocas sedimentarias del cretácico y paleógeno. De especial interés son las vulcanitas que afloran en el área. A continuación se presenta una breve descripción de las unidades geológicas aflorantes, desde la más reciente reconocida hasta los depósitos más antiguos.

Vulcanitas (NgQv). Depósitos volcánicos piroclásticos y domos de composición traquítica con intercalaciones de depósitos sedimentarios.

Formación Tilatá (Tst). La formación Tilatá, de edad plioceno a pleistoceno, está compuesta por capas de gravas, conglomerados, arenas y arcillas. El espesor estimado es de cerca de 150 metros. Esta formación yace discordantemente sobre unidades preexistentes

Formación labor y tierna (Klt). Areniscas cuarzosa de grano grueso a fino, redondeado a subredondeado; madura y friable.

Formación los pinos (Klp). Shales negros y grises con intercalaciones de areniscas cuarzosas y capas finas de limolitas silíceas.

Formación Plaeners (Kpl). Limolitas silíceas en capas finas o medias con algunas intercalaciones de fosforitas y shales.

Formación Churuvita (Kch). Shales negros con intercalaciones de areniscas cuarzosas con glauconita.

Basamento paleozoico jurásico. Rocas ígneas y metamórficas.

2.2.3 Estructural. Los yacimientos de puzolana están en presencia de una estructura llamada falla los volcanes, que cruza la parte alta de la geoforma que se conoce como alto los volcanes, donde se localiza el depósito de olitas.

A nivel regional la incidencia de estructura geológica es importante y da origen a la depositación y estratificación de formaciones que se orientan mediante direcciones preferenciales formando parte de un flanco anticlinal.

Las andesitas ponen en evidencia estructuras de tipo ígneo, influyentes en el factor modelador de la topografía cretácea originando un levantamiento gradual de las estructuras, y cambiando la dirección e inclinación de los estratos.

2.3 GEOLOGÍA DE LOS YACIMIENTOS.

2.3.1 Características del depósito de mineral de hierro. En la zona de estudio el depósito de mineral de hierro se encuentra entre la formación Tilatá y los depósitos cuaternarios, se presenta como una masa homogénea, sin poder observar su forma debido a su origen hidrotermal.

El mineral de hierro se observa en la superficie aproximadamente a 0.05 m de la capa vegetal. El hierro se presenta en casi todas las rocas sedimentarias en bajos porcentajes, pero cuando éstos son mayores al 30% representan un interés industrial. En cuanto a su origen se han explicado dos fuentes principales: meteorización y actividad volcánica, que permiten que el hierro sea segregado por procesos sedimentarios de tipo químico. Hematita y magnetita son los minerales de hierro cuantitativa y económicamente más importantes, junto con ellos se encuentra una amplia variedad de especies minerales que incluyen óxidos e hidróxidos, carbonatos, silicatos y sulfuro. La nomenclatura y clasificación de los yacimientos de hierro no es sistemática. Existe gran variedad de propuestas para su clasificación como la de Stanton, 1972, que propone tres categorías de clasificación de los yacimientos de hierro: (1) formaciones de hierro (Iron formations), (2) rocas ferríferas (ironstones) y (3) menas de hierro de pantano (bogiron ores). Cada uno de estos yacimientos se caracteriza y distingue de los otros por diferencias en el ambiente geológico, edad, forma, mineralogía y modo de depositación.

2.3.2 Características del depósito de materiales de construcción. Los sedimentos sobre los cuales se ha desarrollado esta zona fueron depositados hacia finales del terciario y comienzos del cuaternario, primero por un sistema fluvial que dejó arena, gravilla, arcilla y turba en extensos pantanos y lagunas del futuro altiplano cundiboyacense; posteriormente se forma el gran lago de la sabana de Bogotá y el de las depresiones de Boyacá (Ubaté-Chiquinquirá, alto Chicamocha), en donde se depositan sedimentos lagunares. En los sectores marginales y más elevados de estos lagos continúa la sedimentación de arenas y gravillas, algunas de origen glacifluvial, las cuales alcanzan a endurecerse, sufriendo pequeños fallamientos y a veces una ligera inclinación.

En su mayoría, los sedimentos de la denominada formación Tilatá están dispuestos en capas horizontales, algunas con estratificación cruzada; sobre éstos han trabajado los procesos de denudación determinando un modelado de suaves lomas, con desniveles de menos de 100 metros así como de pedimentos inclinados.

Quizás por ocupar la parte inferior de las vertientes locales, y bajo unas condiciones climáticas relativamente secas, varias unidades se hallan afectadas por erosión fluvial acelerada, tanto en cárcavas y surcos como en láminas.

2.3.3 Características del depósito de puzolana. Al margen de la quebrada olitas, en la depresión intracardiaca se encuentran depósitos de flujos de bloques y ceniza. Los depósitos de flujos contienen fragmentos de traquitas, grawacas, esquistos de cordierita y cuarzoarenitas. Se formaron 5 unidades de flujos muy mal seleccionados, monolitológicos, sobre los cuales yacen 2 unidades de flujo de pómez y ceniza originadas por colapso de columnas y cerca de 14 m de depósitos epiclásticos de alta y moderada energía.

Al norte del área, en el cerro el mirador, cabecera de la quebrada olitas se encuentran unos domos volcánicos intracaldéricos, asociados con la segunda época eruptiva. En los domos se presentan rocas traquíticas, porfiroafaníticas, hipocristalinas, con fenocristales de sanidinas y plagioclasas, biotita y hornablenda como accesorios, algunos minerales con reemplazamiento a caolinita y clorita, y epidota por introducción⁶.

⁶ XII CONGRESO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA. Salida de Campo, Volcán de Paipa (Boyacá): Geología, Potencial geotérmico y minero. Paipa. 2009.

3. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MAPA DE ORDENAMIENTO MINERO-AMBIENTAL

El mapa de ordenamiento minero-ambiental se concibe como la herramienta cartográfica fundamental para la integración de los recursos minerales y la actividad minera en la planificación territorial. Este mapa representa una zonificación del territorio soporte de los recursos mineros, en función de la viabilidad de la explotación y de acuerdo con criterios mineros y ambientales.

La metodología desarrollada para la realización del mapa de ordenamiento minero-ambiental, soportada en sistemas de información geográfica (SIG), se basa, en esencia, en el análisis de la capacidad de acogida del territorio ante la actividad extractiva, o lo que es lo mismo, en el balance entre potencialidad o aptitud del territorio desde el punto de vista minero, y su fragilidad o vulnerabilidad ambiental ante la explotación minera⁷.

El esquema metodológico básico desarrollado para la realización del mapa de ordenamiento minero-ambiental se estructura en dos fases fundamentales, denominadas diagnóstico territorial y zonificación del territorio. Para poder realizar ambos procesos es indispensable un conocimiento previo de las características del medio y de sus recursos minerales, así como de un análisis de la actividad minera.

3.1 ANÁLISIS DEL MEDIO

El objetivo del análisis del medio es la descripción de las principales características del territorio o modelo territorial sobre el que se va a desarrollar la actividad extractiva, a través de la elaboración de un inventario ambiental. Este inventario está constituido por un compendio de conocimiento e información de carácter científico-técnico obtenido a partir de diversas fuentes, o generado por el propio estudio como resultado de trabajos de investigación documental, prospección y cartografía temática. El inventario intenta recoger toda la información de los distintos elementos del medio físico y socioeconómico que pueda ser relevante para la interpretación y comprensión del sistema territorial, en especial, aquella que sea susceptible de representación cartográfica.

La caracterización técnica y ambiental de la explotación minera se realiza a partir de la elaboración de un inventario de explotaciones existentes en el área de estudio, o en áreas cercanas con similar potencial minero, en el que se recoge información relevante procedente de diversas fuentes: archivos y fondos documentales como los del propio IGME, servicios territoriales de minas,

⁷ BARETTINO Y MARTÍNEZ-PLÉDEL et al 1994 Y 2006.

asociaciones empresariales, cámaras de comercio e industria, etc. Esta información es revisada y completada mediante trabajo de campo, visitando a ser posible todas y cada una de las explotaciones la información básica sobre los diferentes elementos o factores del medio debe ser lo más exacta, actualizada y representativa de la realidad que sea posible, pero asumiendo que los presupuestos económicos, de tiempo y de esfuerzo no van a permitir normalmente una eternización de los trabajos de inventario.

Conviene que el conjunto de cartografías temáticas en las que se plasman todos los elementos del inventario susceptibles de ser cartografiados sea gestionado por un SIG, lo que facilita su consulta y actualización, así como el análisis de múltiples capas de información y la generación de cartografías derivadas.

3.2 INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA MINERA

La investigación geológico-minera tiene como principal objetivo la caracterización geológica y tecnológica de los recursos, definiendo los diferentes tipos o variedades de recursos potencialmente explotables, así como su delimitación geográfica.

Conviene remarcar que la investigación geológico-minera constituye uno de los pilares básicos sobre los que se sustenta el ordenamiento minero-ambiental o cualquier esfuerzo de planificación territorial centrado en la minería. La cartografía derivada de dicha prospección es en sí misma un instrumento de integración del recurso minero en el proceso de planificación territorial, en tanto que permite localizar un recurso natural no renovable de gran valor que debe ser considerado a la hora de asignar los diferentes usos del territorio.

3.3 ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA

El análisis de la actividad minera tiene como finalidad la caracterización técnica, económica y ambiental de la explotación del recurso a ordenar, así como el diagnóstico de la problemática que presenta dicha actividad desde esos puntos de vista, con el fin de proponer las actuaciones más adecuadas para solventar los problemas identificados. La determinación de las exigencias de localización de la actividad, las limitaciones y problemas técnicos existentes, así como la identificación y valoración de las alteraciones o impactos que genera la actividad extractiva en el entorno es otro paso fundamental, junto con el análisis del medio y la caracterización del recurso. Permite la definición del modelo impacto/aptitud y de la capacidad de acogida del territorio ante la explotación minera, asiste a las propuestas de zonificación y es la base de la definición de criterios y modelos de explotación y restauración⁸.

⁸ GÓMEZ OREA. Metodología para la elaboración de un plan de ordenamiento minero ambiental, Instituto Geológico y Minero de España. 1994.

La caracterización técnica y ambiental de la explotación minera se realiza a partir de la elaboración de un inventario de explotaciones existentes en el área de estudio, o en áreas cercanas con similar potencial minero, en el que se recoge información relevante procedente de diversas fuentes: archivos y fondos documentales como los del propio IGME, servicios territoriales de minas, asociaciones empresariales, cámaras de comercio e industria, etc. Esta información es revisada y completada mediante trabajo de campo, visitando a ser posible todas y cada una de las explotaciones inventariadas en el territorio en estudio tanto activas como abandonadas y recogiendo los aspectos técnicos y ambientales más destacados.

Para la realización del inventario de explotaciones se diseña una batería de fichas de campo adaptadas a las características específicas de la explotación de cada tipo de recurso, en donde se contemplan: aspectos generales y administrativos; datos técnico-económicos relativos a las estructuras mineras existentes (geometría del hueco de explotación y escombreras, superficie ocupada, infraestructuras hidráulicas, problemas de estabilidad observados, etc.); aprovechamiento minero (método de explotación, tecnologías de arranque, carga y transporte, instalaciones y servicios, etc.); datos de producción, comercialización y empleo, e información de carácter ambiental (identificación y valoración de impactos, medidas preventivas y correctoras, prácticas de restauración, etc.)

3.4 DIAGNÓSTICO TERRITORIAL

La fase de diagnóstico territorial tiene como objetivo último la determinación de la capacidad de acogida del territorio ante el uso minero mediante la aplicación de un modelo de impacto/aptitud, o balance entre la vulnerabilidad o fragilidad del medio ante la actividad extractiva y la potencialidad del territorio para dicha actividad y se establecen las siguientes etapas:

3.4.1 Valoración del territorio en términos de méritos de conservación.

Estimación de la vulnerabilidad del territorio ante la actividad extractiva basándose en el valor natural o valor de conservación del mismo.

Estimación de la potencialidad o aptitud del territorio respecto a la explotación minera.

Determinación de la capacidad de acogida del territorio respecto al uso minero.

La metodología propuesta para evaluar impacto y aptitud se basa en un método de desagregación en componentes, que consiste en subdividir, cuantas veces sea conveniente, el valor de cada posible elemento susceptible de valoración en varios componentes cuya valoración individualizada dará por agregación, el valor total.

El esquema seguido consta de las siguientes fases:

-Definición de unidades territoriales

-Identificación de los componentes o dimensiones del valor natural, impacto o aptitud en tantos niveles de desagregación como sean necesarios.

Evaluación individualizada de cada uno de los componentes por criterio experto, utilizándose una escala homogénea de valoración en todos ellos. Lo deseable es que los expertos o equipos autores del inventario aporten una valoración de los diferentes componentes de cada elemento del medio. En este punto es posible recurrir al método Delphi de consulta a paneles de expertos, a fin de reducir al máximo la carga subjetiva inherente a dicho proceso. El proceso de evaluación se inicia en el nivel más bajo de desagregación a partir de: la información y cartografía temática del inventario ambiental en el caso de la obtención del valor natural o valor de conservación del territorio; del mapa de valor natural y de la información aportada por el análisis de la actividad extractiva para evaluar el impacto global sobre cada una de las unidades territoriales; y de la información y cartografía derivada de la investigación geológico-minera y de la caracterización técnica y ambiental de la explotación del recurso para determinar la aptitud del territorio con respecto al uso extractivo.

Determinación del peso o importancia relativa con que cada componente del valor natural, impacto o aptitud contribuye al valor de un componente de nivel superior o al valor total agregado, mediante la asignación de coeficientes de ponderación.

Obtención del valor agregado del valor de conservación, impacto, o aptitud en cada unidad territorial mediante suma ponderada de los valores de los componentes que integran o definen dichos factores de diagnóstico. Así, el valor total, o el valor de cualquier componente o cualquier nivel a excepción del nivel más bajo de desagregación se obtiene según la siguiente expresión:

Ecuación 1. Determinación del peso de los componentes.

$$V = \sum i \text{ vi pi}$$

Siendo:

V= valor total o valor de un componente

vi= valor del componente i del nivel inferior que confluye en él.

pi = coeficiente de ponderación del componente i.

La utilización de escalas de valoración y coeficientes de ponderación normalizados para todos los componentes a evaluar permite que los resultados intermedios y finales de las valoraciones sean siempre homogéneos y fácilmente comparables y manejables. Representación cartográfica final de los resultados de las

evaluaciones, es decir, elaboración de mapas de valor natural, de impacto y de aptitud⁹.

Esta metodología de desagregación en componentes es soportada y gestionada en un sistema de información geográfica, lo que permite el tratamiento de las distintas capas de información y la aplicación de los correspondientes algoritmos de valoración de forma automática, así como la generación de la cartografía en formato digital.

3.4.2 Definición de las unidades territoriales.

De acuerdo con la metodología descrita, el diagnóstico territorial se realiza sobre unidades territoriales previamente definidas. Su definición tiene como finalidad facilitar la comprensión de la estructura del territorio y, desde un punto de vista operativo, favorecer la integración de la información y las cartografías temáticas generadas en el inventario ambiental, caracterización geológica y tecnológica de los recursos mineros, y análisis de la actividad extractiva. Los tipos de unidades territoriales pueden ser regulares, homogéneas, de síntesis o estratégicas.

La expresión cartográfica final del proceso de valoración es el mapa de valor de conservación o valor natural, resultado de la aplicación de algoritmos de valoración mediante análisis SIG, que describen el territorio en clases cualitativas de valor natural o valor de conservación, o conjunto de méritos de una unidad territorial para ser conservada, o lo que es lo mismo, para no ser alterada estos mapas son una expresión del patrimonio natural de que dispone el territorio, y muestran las zonas donde se localizan aquellos elementos naturales vulnerables, o que por su rareza, fragilidad, importancia o singularidad merecen una valoración especial, y por lo tanto, donde deberán extremarse las precauciones para la implementación de la actividad extractiva.

La determinación de los componentes del valor natural va a depender de la calidad y nivel de detalle alcanzado en el inventario ambiental. Los coeficientes de ponderación que se asignan a cada uno de ellos estarán en función de la mayor o menor carga explicativa de éstos para la comprensión del territorio.

En los estudios realizados por el IGME, el valor natural o valor agregado (Vagre), se obtuvo por suma ponderada de los siguientes componentes previamente evaluados: valor ecológico (Veco) o méritos de conservación de los ecosistemas presentes; valor de productividad primaria o agraria en sentido amplio. (Vpro); valor paisajístico (Vpai) y valor cultural (Vcul), de acuerdo con la siguiente expresión:

⁹ ARRANZ GONZÁLEZ Julio César. IGME. Planes de ordenación minero-ambientales. 2005.

Ecuación 2. Valor agregado.

$$V_{agre} = V_{eco} + V_{pro} + V_{pai} + V_{cul}$$

Respecto al peso o importancia relativa de cada uno de los factores que integran el valor total o agregado, se consideró que eran el valor ecológico (V_{eco}) y el valor paisajístico (V_{pai}) los que proporcionaban los principales méritos para la conservación.

3.4.3 Estimación de la fragilidad o vulnerabilidad del territorio ante la actividad extractiva.

La estimación de la fragilidad o vulnerabilidad de cada unidad territorial ante la explotación del recurso minero, se realiza a partir de la determinación del valor de conservación del territorio. En función de éste último, se lleva a cabo una predicción de las alteraciones o impactos que puede experimentar el medio ante la explotación del recurso minero.

El impacto generado por la actividad extractiva puede expresarse como un “cambio de valor” del territorio ocasionado por las explotaciones mineras ubicadas sobre el mismo. Representa la pérdida o ganancia de valor o mérito de conservación de alguno de los elementos que constituyen el medio y, por lo tanto, del conjunto de la unidad territorial sobre la que se efectúa la determinación del impacto global.

Para la definición de los componentes que integran el valor de impacto se parte de la premisa de que el impacto sobre una determinada unidad territorial es directamente proporcional al valor de conservación de ésta, o lo que es lo mismo, a mayor valor natural, mayor será el impacto potencial. Por lo tanto, sus componentes pueden ser los mismos que los definidos para el valor natural, asignándoles inclusive los mismos valores.

Además de estos componentes se pueden considerar otros adicionales como es el caso del impacto paisajístico, el cual es definido no sólo por el valor de la calidad visual del paisaje, sino también por su fragilidad visual intrínseca y la incidencia.

Cuadro 1. Valoración de impacto global.

<p style="text-align: center;">IMPACTO GLOBAL</p> <p style="text-align: center;">$IGLOB = IECO + IPRO + IPAI + ICUL + DEGR$</p>
<p>IMPACTO ECOLÒGICO (IECO) = VALOR ECOLOGICO (VECO)</p> <p>IMPACTO PRODUCTIVIDAD PRIMARIA (IPRO) = Valor de productividad primaria (VPRO)</p> <p>IMPACTO PAISAJÌSTICO (IPAI) = IPA + INV</p> <p style="padding-left: 40px;">IPA = impacto paisajístico, su valor es igual al valor paisajístico (VPAI)</p> <p style="padding-left: 40px;">INV = Incidencia Visual</p> <p>IMPACTO CULTURAL (ICUL) = Valor cultural (VCUL)</p> <p>DEGRADACIÒN (DEGR)</p>

Fuente. GÓMEZ OREA, Metodología para la elaboración de un plan de ordenamiento minero ambiental, Instituto Geológico y Minero de España, 1994.

La asignación de los coeficientes de ponderación a cada uno de los componentes del impacto se realiza, como es lógico, teniendo en cuenta la información obtenida en la caracterización técnica y ambiental de la actividad minera, dando mayores pesos a aquellos impactos asociados al tipo de explotación que se consideren más relevantes.

3.4.4 Estimación de la aptitud del territorio para la explotación minera.

La aptitud representa la medida en que el territorio cubre los requisitos que exige la localización y el desarrollo de la actividad extractiva. Este concepto expresa la potencialidad de cada unidad territorial desde el punto de vista de la explotación de los recursos mineros¹⁰.

La determinación de los componentes que definen la aptitud de una unidad territorial para la actividad extractiva, se realiza a partir de la información geológico-minera y características de la explotación del recurso. Deben ser indicadores sencillos y fácilmente calculables que reflejen la cantidad y calidad de los diferentes tipos de recursos potencialmente explotables, incorporando en lo posible aquellos factores que condicionan o limitan la explotabilidad de los mismos

¹⁰ GÓMEZ OREA, Metodología para la elaboración de un plan de ordenamiento minero ambiental, Instituto Geológico y Minero de España, 1994.

(situación estructural del macizo rocoso, distancia a los núcleos de consumo, espesor del recubrimiento, etc.).

En el estudio de ordenamiento minero, la aptitud (Aptit) del territorio se define a partir de los siguientes componentes: recursos explotables (Recu), que pretende valorar de forma cualitativa la cantidad y calidad de los recursos de mineral de hierro, materiales de construcción y puzolana existentes, tomando como referencia el mapa de recursos potencialmente explotables; Explotabilidad (Expl) o valoración de las características del macizo rocoso y su estado de fracturación con vista a las explotaciones, a partir de la información y cartografía geológico-minera; y altitud (Alti) y pendiente (pen), por ser factores condicionantes respecto a la optimización de los rendimientos y del beneficio minero, y la ubicación de escombreras, asignándoles el valor a partir del mapa hipsométrico y el mapa de pendientes respectivamente. El valor total de la aptitud se obtuvo según la siguiente expresión:

Ecuación 3. Estimación de la aptitud.

$$\text{Aptit} = \text{Recu} + \text{Expl} + \text{Alti} + \text{Pend}.$$

3.4.5 Determinación de la capacidad de acogida del territorio ante la explotación minera.

Por último, la determinación de la capacidad de acogida del territorio ante la explotación minera constituye el objetivo fundamental de la fase de diagnóstico territorial. Por capacidad de acogida del territorio ante la actividad extractiva se entiende el “grado de idoneidad” de éste con respecto a la misma, teniendo en cuenta, a la vez, la medida en que el territorio cubre los requerimientos locacionales de dicha actividad, así como los efectos de ésta sobre el medio. Este concepto expresa la relación actividad territorio, y muestra el mejor uso que puede hacerse de este último teniendo en cuenta el punto de vista de ambos, es decir, representa la forma en que cada punto del territorio puede utilizarse por la actividad extractiva sin que sufra alteraciones inaceptables en sus características y valores.

La metodología propuesta para la determinación de la capacidad de acogida del territorio, o de forma operativa de la unidad territorial, se basa en la aplicación de un modelo de impacto-aptitud de carácter sistemático. Este modelo opera sobre dos conceptos básicos: impacto o vulnerabilidad del territorio ante la extracción minera, y aptitud o potencialidad del mismo para el uso extractivo, y se fundamenta en la evidencia, de acuerdo con las definiciones dadas, de que la mayor capacidad de acogida para una actividad extractiva la proporcionan aquellas unidades territoriales donde coincide la máxima aptitud y el mínimo impacto negativo o, en su caso, el máximo positivo.

El modelo impacto/aptitud se expresa a través de una matriz de capacidad de acogida de doble entrada: los rangos definidos para el impacto por un lado, y los definidos para la aptitud por el otro. A partir de esta matriz se definen las distintas clases de capacidad de acogida que van a expresar el uso vocacional, compatible, compatible con limitaciones e incompatible, o excluido de cada unidad territorial respecto a la explotación minera. La definición de las clases de capacidad de acogida no es única ni universal. Es fácil definir las clases de capacidad de acogida extremas, es decir, de máxima y mínima capacidad, sin embargo, entre ambas cabe la posibilidad de diversas alternativas de capacidad de acogida en función de que prime el punto de vista que defiende el desarrollo de la actividad extractiva o el conservacionista del medio. También aquí la opinión de los diferentes miembros del equipo de trabajo puede servir para establecer los criterios de definición.

El modelo de capacidad de acogida que se adopte ha de asegurar que no se sobrepasen unos umbrales máximos de impacto negativo, y que se alcancen o superen unos niveles mínimos de aptitud, que salvaguarden, de un lado, la conservación de los elementos y ecosistemas más valiosos del territorio y, de otro, el aprovechamiento de las mejores oportunidades que brinda el medio para la explotación de sus recursos mineros.

La expresión cartográfica del modelo impacto/aptitud es el mapa de capacidad de acogida que representa una gradación del territorio según rangos de mayor o menor conveniencia o idoneidad para la localización de las explotaciones mineras. Este mapa constituye un instrumento esencial para el diseño de la propuesta de ordenación, pues permite orientar las actividades hacia los puntos o unidades territoriales que le son vocacionales, y si esto no fuera posible, hacia aquellas otras en las que no se sobrepase un umbral de capacidad de acogida que se considere inaceptable¹¹.

3.4.6. Zonificación del territorio.

El principal objetivo de la fase de zonificación del territorio es proponer un modelo territorial que represente una distribución ordenada de la actividad minera en el espacio de acuerdo con su capacidad de acogida.

El modelo de ordenamiento del territorio se expresa a través de lo que se ha denominado "categorías de ordenamiento", esto es, zonas o ámbitos espaciales identificados con criterios diversos, cada uno de los cuales se adopta como base para definir los distintos niveles de uso del territorio por parte de la actividad minera¹²

¹¹ ITGE, Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y medio ambiente, 1999

¹² GÓMEZ OREA, D. Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico. Publicaciones IGME. Madrid, 238 p.1994

Los criterios utilizados para definir las distintas “categorías de ordenamiento” van a estar relacionados con aspectos recogidos en el concepto de capacidad de acogida, o derivan de otras consideraciones tales como el estado legal del suelo, las legislaciones sectoriales de aplicación, la protección de la población y elementos ambientales y culturales singulares y valiosos, las posibilidades de recuperación de las degradaciones previsibles, o los factores limitantes para la actividad extractiva entre otros. Estos criterios se van a agrupar en:

- Criterios de exclusión de la actividad extractiva.

- Criterios condicionantes para el desarrollo de la explotación minera.

La aplicación de estos criterios de zonificación sobre las zonas con recursos potencialmente explotables, permite distinguir las siguientes categorías de ordenamiento que van a constituir la propuesta de uso del territorio: zonas de protección ambiental, definidas por criterios de exclusión, que representan aquellas zonas en las que no es recomendable la explotación minera por: incompatibilidad con otros usos prioritarios de los recursos naturales, suponer una grave afección a alguno de los elementos del medio, o estar incluidas en algún perímetro de protección referido a espacios naturales protegidos, núcleos urbanos, yacimientos arqueológicos, etc.

Zonas explotables con distintos grados de prioridad en función de factores condicionantes para la explotación o integración paisajística y ambiental de la actividad. Cada categoría de prioridad debería implicar unas determinadas condiciones de explotación y exigir la aplicación de medidas protectoras, correctoras y de restauración específicas.

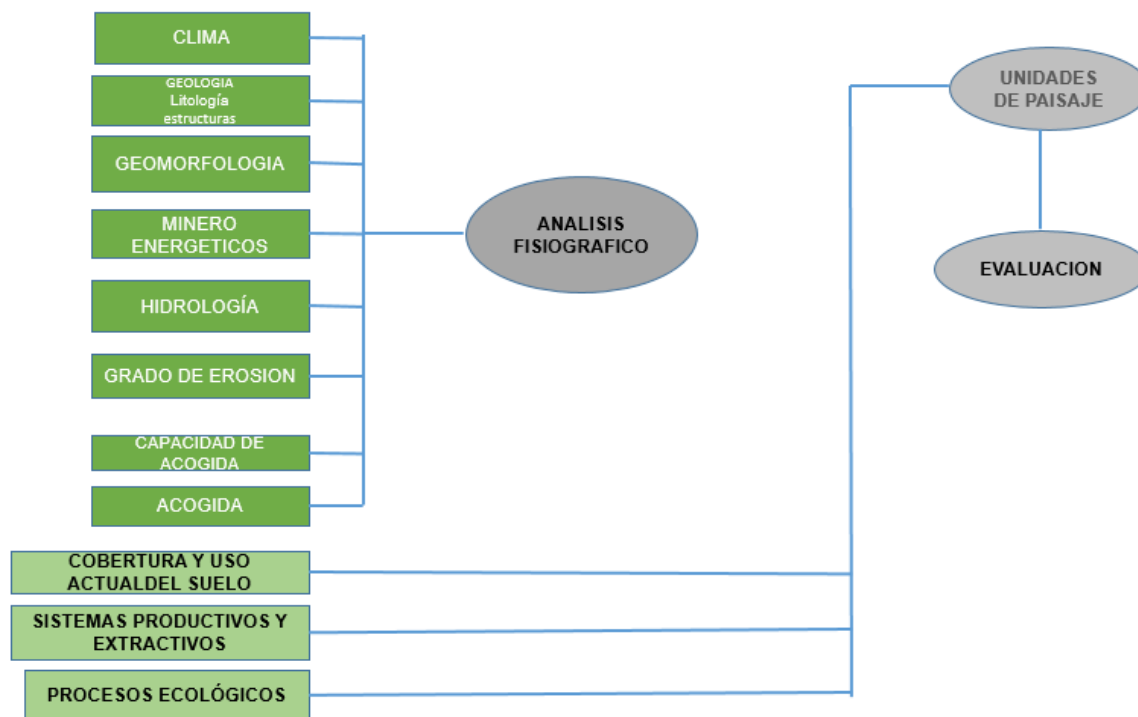
El resultado final de todo el procedimiento descrito es el mapa de ordenamiento minero ambiental, donde el territorio soporte de los recursos potencialmente explotables queda clasificado en zonas de protección ambiental y zonas explotables con distintos grados de prioridad.

4. ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO MINERO.

4.1 ANÁLISIS DEL MEDIO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Según la metodología mencionada anteriormente y con base a investigaciones se logró obtener la información necesaria para analizar el medio físico de la zona de estudio.

Figura 2. Análisis del medio físico.



Fuente. GÓMEZ OREA, D. 1994. Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico. Publicaciones IGME. Madrid, 250 p.

4.1.1 Medio físico.

Topografía. La topografía del sur de Paipa está inscrita dentro de la región de las altas planicies conocidas como antiplanicies del reino entre 2000 y 3000 m.s.n.m dentro de estas mesetas corre el río Chicamocha con su gran red de afluentes, entre multitud de serranías, montículos aislados, valles y collados.

Geomorfología. La zona de estudio tiene su asiento en la provincia morfológica de la cordillera oriental, una cadena de montañas en estructuras plegadas, limitada en ambos flancos por fallas inversas de rumbo opuesto, las que le han comunicado una estructura original en flor, vista en sección transversal.

Dentro de los numerosos rasgos morfoestructurales que caracterizan a esta cordillera, se destacan al norte de Bogotá, varios anticlinorios bordeados al este y oeste por numerosas fallas, los cuales están constituidos por el jurásico y cretáceo sedimentario que cubre el zócalo premesozoico. Justamente cerca de la ciudad de Paipa, la falla de Boyacá separa al norte los sedimentos del jurásico y al sur, los del cretáceo; en estos últimos adquieren individualidad unos pliegues grandes que se extienden entre Bogotá y Duitama, configurando amplios sinclinorios rellenos por sedimentos neógenos continentales y cuaternarios lacustres, glaci-fluviales y fluviales, depositados gracias a una subsidencia reciente y continua. Paralelamente a la definición estructural de la región, los procesos exógenos morfodinámicos han venido trabajando en la remodelación de las geoformas iniciales, ya disecándolas profundamente, ya recubriéndolas parcialmente con materiales alóctonos, especialmente ceniza volcánica, o bien originando nuevos paisajes de carácter agradacional¹³.

En consecuencia, dentro del municipio de Paipa se reconocen hoy en día cuatro unidades genéticas de relieve, cada una conformada por dos o más paisajes geomorfológicos que guardan entre sí relaciones de parentesco de carácter genético (mismo origen), morfológico y litológico generales.

A continuación se describen entonces las diferentes unidades genéticas de relieve, que se tomaron en cuenta para la zonificación del sur de Paipa con sus correspondientes paisajes:

Unidad de origen erosional-estructural. Es la unidad genética de terreno más extensa del municipio, integrada por la totalidad de las montañas altas del sector septentrional así como por la mayoría de las montañas bajas y lomas altas localizadas al sur de la cabecera municipal. Estas deben su morfología presente al plegamiento y fallamiento de las rocas sedimentarias del jura-triásico, jurásico, cretáceo y terciario, seguido de prolongados procesos de meteorización de esas rocas y de la denudación fluvio-erosional y gravitacional de las alteritas resultantes, esculpiendo densas y profundas redes de drenaje, al punto de modificar y en muchos casos borrar, los rasgos estructurales originales.

Es así como cada paisaje definido en esta unidad genética exhibe hoy en día una morfología determinada, resultante del trabajo diferencial realizado por los agentes geomorfológicos sobre sus alteritas y suelos o, directamente sobre las rocas duras.

¹³ THOURET, Estudio geomorfológico del sur de Paipa 1981.

Lomas anticlinal y monoclinal degradadas en arenisca. Geoformas determinadas por plegamiento de estratos de arenisca cuarzosa de edad cretáceo y terciario, afectadas posteriormente por denudación parcial ya que aún es posible reconocer ciertos rasgos estructurales. Comprende tres unidades alargadas extendiéndose con rumbo aproximado norte-sur, una por el sector occidental, arrancando desde la orilla oeste del lago Sochagota hasta el límite con el municipio de tuta; la segunda, corriendo por el centro de la región y la tercera, siguiendo por el borde oriental, en jurisdicción de la vereda el chital.

El relieve apenas alcanza los 300 m de desnivel y se caracteriza por su topografía alomada con cimas amplias y redondeadas de variada pendiente, además de unas laderas regulares, moderada a fuertemente escarpadas, afectadas en varios sectores por erosión laminar y en surcos en grado moderado. La escorrentía ha esculpido un patrón de drenaje subdendrítico a subparalelo de baja densidad y poca profundidad. Las alteritas varían de superficiales a moderadamente profundas, en función a la inclinación de las laderas el cubrimiento de la unidad alcanza las 2920,35 has.

Loma anticlinal-sinclinal degradada en arcosa/limolita/lutita. Es el último de los paisajes de naturaleza estructural-erosional, correspondiente a una estrecha secuencia de pliegues anticlinal-sinclinal, disectados y afectados en sus laderas más empinadas por erosión acelerada. Espacialmente, la geoforma está restringida a una sola unidad correspondiente a la loma alargada que bordea el pantano de Vargas por el costado occidental, con un cubrimiento de 576 ha.

Las cimas son amplias, convexas, suavemente inclinadas, al igual que un pequeño rellano sobre la ladera moderadamente escarpada. La red de drenaje es un tanto difusa, debido al escaso entalle de las corrientes y al efecto de la erosión laminar presente. A pesar de las suaves pendientes de las cimas y rellano, las alteritas son poco profundas y, más aun en las laderas.

Unidad de origen fluvio-erosional. En esta unidad genética de relieve se incluyen aquellos paisajes cuya morfología actual se debe exclusivamente a los procesos de denudación fluvio-erosional, como son un par de antiguos domos volcánicos localizados al sur del municipio y unas lomas bajas situadas al pie del escarpe de la falla Boyacá y en las márgenes de la quebrada honda.

Domo (o cuello) volcánico antiguo en andesita. Se trata de pequeñas y excepcionales geoformas de naturaleza volcánica en la cordillera oriental, con aspecto de domo, cuyo esqueleto corresponde a una andesita muy alterada, sobre la cual se ha desarrollado un manto de meteorización relativamente espeso, el cual conserva tal característica en sus cimas amplias, con pendientes suavemente onduladas; no obstante, en los hombros y laderas está ocurriendo un proceso de erosión acelerada, laminar y en cárcavas, con lo cual los suelos se han tornado superficiales, a pesar de los intentos de controlar esa erosión mediante

reforestación con coníferas. La disección geológica tiende a ser radial, moderadamente densa y medianamente profunda, afectando un relieve de colinas con desniveles de 200 a 300 m y laderas moderadamente escarpadas. El paisaje abarca alrededor de 1032,01 has.

Glacis coluvio-aluvial. La unidad genética de piedemonte se completa con unos pequeños glacis de acumulación gravitacional, determinados por reptación y escurrimiento difuso, localizados en las márgenes de las quebradas honda grande, el gerón, palacio y canoas, así como en la base de la loma occidental del pantano de Vargas y en la margen oeste del lago Sochagota. Los sedimentos son predominantemente arcillosos y su distribución ha determinado superficies muy regulares, casi planas a moderadamente inclinadas. Por la incipiente pedogénesis que se advierte en los suelos, el paisaje también parece ser de edad reciente a subactual. La extensión de la unidad es de unas 354,44 has.

Terraza aluvial. El paisaje tiene una extensión de 253,61 has correspondientes a una pocas unidades dispersas a lo largo del curso de la quebrada honda grande. Se trata de anteriores niveles de sedimentación que han quedado elevados respecto a la corriente que los originó debido a su incisión determinada por un descenso en el nivel de base de erosión, ya por factores climáticos globales o bien por ascensos regionales. En el caso presente, es probable que la quebrada honda grande hubiese estado sedimentando en un nivel superior al del río Chicamocha, antes de alcanzar su perfil de equilibrio con relación a esa corriente. La topografía de las terrazas es a nivel y están separadas del plano de inundación por un pequeño talud fuertemente inclinado; sus aluviones son heterogéneos, medianos a finos, claramente estratificados en el subsuelo pero afectados por pedoturbación en superficie.

4.1.2 Clima. El clima de la zona sur de Paipa, se define como tierras frías semihúmedas a subhúmedas (2530 a 2850 msnm), por la interpretación de los datos obtenidos de la estación Tunguavita en las mediciones de temperatura, humedad relativa, precipitación, recorrido del viento y brillo solar; ubicada en la vereda el salitre, en los periodos desde el año 2000 al 2014 y proporcionados por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia (IDEAM), sede Duitama, departamento de Boyacá, ver anexo A.

4.1.3 Suelos. El uso de suelos en la zona rural del municipio de Paipa está definido de la siguiente manera para efectos de reglamentación del uso del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural:

Zonificación de usos del suelo rural. Se establecen para el sector rural la subdivisión indicada en el mapa municipal de zonificación general para la reglamentación de usos del suelo rural, con base en la reagrupación de las unidades resultantes del mapa de tipos de uso de la tierra seleccionados, y que corresponde a las siguientes categorías:

Zona agropecuaria extensiva. Zonas que permiten el desarrollo de actividades agropecuarias con tecnología tradicional en todas las etapas del desarrollo de los cultivos y, ganadería practicada en superficies de gran tamaño, sin rotación de potreros ni prácticas agronómicas para el manejo de los pastos que comprende áreas de vallecitos aluvio coluviales intramontañosos de clima frío.

Zona agropecuaria marginal. Zonas que permiten el desarrollo de actividades agropecuarias con restricciones en todos los procesos y que comprende áreas afectadas principalmente por deforestación (zonas de recuperación).

Zona minera restringida. Comprende áreas donde existen minas en explotación (carbón, materiales de construcción, puzolana y mineral de hierro) con técnicas artesanales.

Zona de paramo. Comprende áreas de laderas regulares fuertemente empinadas y escarpes y sectores de cimas y rellanos moderadamente inclinadas en piso climático subparamo.

Zona forestal de protección-conservación. Comprende áreas de relieve montañoso erosional – estructural y piedemonte coluvial de pisos frío y muy frío húmedos en algunos sectores con presencia de roble, ubicadas por fuera de la reserva forestal.

Zona de manejo especial. Comprende la zona con función protectora, demarcada dentro de la “zona de interés público y declarada zona de reserva forestal”, según acuerdo no. 009 de 1996.

Zonas de rondas de ríos y de cuerpos de agua. Comprende las franjas paralelas de los ríos, quebradas y cuerpos de agua; de 40 metros para los ríos y cuerpos de agua y 30 metros para las quebradas¹⁴. Actualmente se encuentran en explotación varios títulos mineros, los cuales no cumplen la disposición de las normas de uso de suelos, por ende se realizaron pruebas de laboratorio, para determinar las características físicas y químicas de los suelos donde se extrae mineral de hierro y puzolana para determinar si la actividad extractiva influye en la erosión y debilitamiento del mismo, ver anexo B.

4.1.4 Aguas. Las cuencas hidrográficas son un conjunto de aspectos, recursos, y desarrollos, que actúan sincronizadamente. Dos grandes componentes se fusionan en una cuenca hidrográfica: el físico biótico y el socio económico. Su interacción rompe en ocasiones numerosos equilibrios logrados a través de siglos por la naturaleza, pero, puede conformar una nueva estabilidad transitoria o permanente, si se somete la cuenca a planes de ordenamiento y manejo

¹⁴ IGAC. Plan de ordenamiento territorial de Paipa. 2009

adecuados. Sus características físicas y bióticas son importantes, entender los grupos humanos que usufructúan los recursos del área, conocer la infraestructura que ha instalado el estado y consultar los planes que rigen la región donde se ubica la cuenca.¹⁵ La cuenca hidrográfica que compone la zona de estudio es la cuenca del río Chicamocha. La superficie de esta cuenca es de 17.825 has

Componentes de la cuenca. Quebrada honda o río salitre: quebrada el cerón, quebrada del palacio, quebrada la culebra, quebrada olitas, quebrada aguatibia, quebrada calderitas, quebrada el cedro, quebrada el tunal o lagunitas, quebrada canocas, quebrada el hospital. Todas las cuencas del municipio son componentes de la cuenca del río Sogamoso y por consiguiente del río magdalena, y tienen su nacimiento y desarrollo en el flanco occidental de la cordillera oriental. Las subcuencas de la zona sur del municipio, por corresponder a un área seca, no tienen caudal abundante ni pendientes fuertes. La quebrada honda o río salitre transporta una buena cantidad de sales, suministradas por las fuentes termales que aparecen en el área media y baja de la subcuenta. Los patrones de drenaje que predominan en esta zona son el dendrítico, subdendrítico (poco densos) y algo meándrico en el valle del Chicamocha.

Cuadro 2. Acueducto de la zona de estudio.

No	Nombre	Usuarios	Conexión	Vivienda	Población	Veredas cubiertas
1	Las pilas	300	90	80	700	2
2	Caños	94	103	94	450	1
3	Cruz de Murcia	107	107	86	380	1
4	Quebradahonda	324	324	200	700	1
5	Varguitas	130	160	100	350	1

Fuente. Datos del estudio.

Hidrogeología. A pesar de la insuficiente información multitemática necesaria para realizar un análisis hidrogeológico regional y adecuado alcance para determinar conclusiones específicas, sobre la base de la información geológica disponible y datos sobre hidrografía, climatología y geofísica relativa a la región del municipio de Paipa, se presenta un análisis de las características hidrogeológicas. Los datos geofísicos y de registros de pozos solo están disponibles para la parte sur del municipio donde reviste particular importancia la

¹⁵ ARAQUE. Estudio de recursos hídricos del municipio de Paipa. 1999.

presencia de aguas termales. En el resto de la región dichos datos son escasos o ausentes y por tanto el alcance de las apreciaciones es limitado y puede considerarse como una aproximación a la caracterización de la región de Paipa.

En los últimos años se han venido presentando quejas por parte de la comunidad acerca del daño que causa la explotación minera de puzolana a cargo de la empresa Cemex al acueducto las pilas, confluyente de la quebrada honda y del cual se extrae el agua para consumo humano, riego y manutención bovina y ovina, por lo tanto se realizaron análisis de laboratorio para determinar las propiedades físicas y químicas de estas muestras y la relación directa o indirecta con la extracción de puzolana, ver anexo C.

4.1.5 Cobertura vegetal. Este aspecto biofísico juega uno de los papeles más importantes para el ordenamiento minero, pues se debe tener en cuenta el impacto ambiental que causa la extracción minera a la vegetación y a la vez ver la manera de minimizar el impacto visual, lo más recomendable es hacer recuperación de la capa vegetal, a medida que se vaya explotando. Esta práctica ha sido implementada por los titulares mineros de mineral de hierro y materiales de construcción. En la cartografía de esta variable, y en su interpretación y análisis, un aspecto que debe tener presente, es su naturaleza dinámica. Son varias las interrelaciones que existen entre la cobertura vegetal y el uso de la tierra con otras variables ambientales, tales como el clima, la distribución de los suelos, la distribución y características de los sistemas de producción. Particularmente, en la especialización y definición de estos últimos, se constituye de por sí en un elemento importante. Finalmente, en la definición de las unidades ecológicas del paisaje como elemento integrador, así como en la evaluación de la potencialidad de uso que ofrecen las mismas, la cobertura vegetal juega un papel fundamental. Las unidades de cobertura vegetal presentes en el sur del municipio de Paipa son las siguientes:

Arbustales densos. Corresponden a áreas ocupadas por vegetación natural arbustiva. Como especies dominantes se encontraron: hayuelo, uva camarón, laurel de cera, chilco, tuno, esmeraldo, esperomeles, encenillo, jarilla, y raque. Se encuentra esta unidad distribuida en todo el municipio. En la zona sur se presenta en asocio con pequeñas áreas de pastos naturales. En la imagen de satélite se identifican con un color pardo amarillento, ocupan una extensión de 3291.9 has.

Pastizales limpios manejados. Corresponden a pastos naturalizados (kikuyo, ray gras) dedicados a la ganadería semi-intensiva e intensiva, con buenas prácticas de manejo que incluyen fertilización, riego y rotación de potreros. Están localizados en el valle aluvial del río Chicamocha y en algunos de sus afluentes como la quebrada Toibita y Quebradahonda, así como en la zona del Pantano de Vargas. Ocupan una extensión de 3553.4 has.

Cultivos anuales. Se localizan en la zona sur del municipio e incluyen los siguientes cultivos en su orden de importancia: trigo, maíz, cebada. Ocupan una extensión de 84.81 has.

Arbustales densos y bosque denso alto. Corresponden a áreas cubiertas principalmente por arbustales en asocio con pequeños sectores de bosques plantados. Se localizan hacia el sector sur del municipio. Ocupan una extensión de 1891.4 has.

4.1.6 Paisajes. El paisaje fisiográfico abarca porciones tridimensionales de la superficie terrestre resultantes de una misma geogénesis, que pueden describirse en términos de similares características climáticas, morfológicas, litológicas y morfocronológicas, dentro de las cuales se espera una alta homogeneidad pedológica y una cobertura vegetal o un uso de la tierra similares.

El paisaje fisiográfico es la categoría fundamental del sistema de clasificación del terreno, respecto a los levantamientos de suelos, porque dentro de ella se definen las clases de suelos con características específicas al nivel de generalización taxonómica utilizado.

Por su parte, el subpaisaje es una división de los paisajes hecha con propósitos prácticos relacionados con el uso y manejo de las tierras. Comúnmente se establecen con base en su posición específica dentro del paisaje a la que se agregan atributos relativos a la clase de pendiente, tipo y grado de erosión, etc.

Con los conceptos anteriores, a continuación se describe cada uno de los paisajes definidos en la zona sur de Paipa, objetivo del estudio del presente proyecto:

Paisaje c1. Loma anticlinal y cresta homoclinal en arenisca cuarzosa. Paisaje de origen estructural-erosional, formado por plegamiento de areniscas cuarzosas de edad cretáceo y terciario, seguido por denudación parcial determinada por los procesos morfodinámicos antiguos y recientes. Comprende tres unidades alargadas que se extienden con rumbo aproximado norte-sur, una por el sector occidental, arrancando desde la orilla oeste del lago Sochagota hasta el límite con el municipio de Tuta, al sur de la vereda río arriba. La segunda, extendiéndose por el centro, donde cubre sectores de las veredas la esperanza, la playa y el tunal. La tercera unidad se localiza en el borde oriental de la zona, en jurisdicción de la vereda el chital. En conjunto cubren alrededor de 3.100 ha.

El relieve apenas alcanza unos 300 m de desnivel y se caracteriza por su topografía de lomas amplias, con laderas regulares moderadamente a fuertemente escarpadas y moderadamente escarpadas, afectadas por erosión moderada; además de unas cimas extensas y redondeadas, con variada pendiente, criterio que permitió delinear otros subpaisajes.

c1.3e - ladera estructural disectada y ligeramente escarpada c1.4d - cima y ladera subestructural fuertemente inclinada c1.5c - rellano moderadamente

inclinado c1.6bc - cima y pedimento ligera a moderadamente ondulados c1.7b - pedimento ligeramente inclinado

En los dos primeros subpaisajes se definió un contenido en suelos dispuesto en la asociación chital-tunal, mientras que en los restantes, éstos conforman la disociación tunal-venta del llano. Conjunto ventellano: typic haplustults. En el sector oriental del paisaje en discusión, compartido por las veredas venta del llano y el chital, parece dominar un suelo maduro, desarrollado bajo un clima subhúmedo y quizás más seco en el pasado, de tipo a1-a2-bt1-bt2, en el cual se destaca un horizonte a espeso, muy oscuro, franco a franco arcilloso y fuertemente estructurado; bajo éste yace un horizonte Bt, formado por alteración y acumulación de arcilla silicatada, translocada desde los horizontes superiores por el agua de percolación, proceso que le ha comunicado una textura francosa fina a arcillosa gravilosa; sus colores van del pardo oscuro al pardo amarillento y su estructura continúa mostrando un buen desarrollo. Por lo demás, el suelo es profundo, bien drenado, con reacción fuertemente ácida, bajo contenido de carbón orgánico, mediana a alta capacidad de intercambio catiónico, regular saturación de bases y un alto a mediano contenido de fósforo aprovechable.

Paisaje d1. Cuello volcánico en pórfido río-dacítico el último grupo de paisajes fisiográficos con topografía colinado-alomada que se describe en este contexto, debe su morfología actual a la acción de los procesos de denudación fluvio-erosional actuando sobre las alteritas derivadas de diferentes rocas parentales. En el caso presente, el paisaje se ha originado a partir de dos pequeñas y excepcionales formaciones volcánicas de la cordillera oriental, tipo neck o cuello, cuyo esqueleto parece corresponder a un pórfido río-dacítico afectado por profunda disección y erosión acelerada. Este se localiza en la zona meridional del municipio, en jurisdicción de las veredas venta del llano y quebrada honda, cubriendo una superficie de 1034 ha. El relieve es colinado, con desniveles de 200 a 300 m, laderas escarpadas y erosionadas y cimas onduladas; la red de drenaje tiende a configurar un patrón radial de mediana densidad¹⁶.

4.1.7 Fauna. La fauna silvestre está conformada por especies animales en estado salvaje que viven en una región determinada, que forman poblaciones estables integradas en comunidades también estables. Una característica especial de los animales es que no permanecen inmóviles en un lugar determinado; su presencia en un momento dado se puede deber a causas naturales, pero también al azar; pueden habitar un área de forma continua o de modo circunstancial (área de cría, cazaderos, etc.). Por todo ello la división del territorio en unidades homogéneas de fauna no puede realizarse con la misma nitidez y precisión que se hace para otros elementos, como la vegetación.

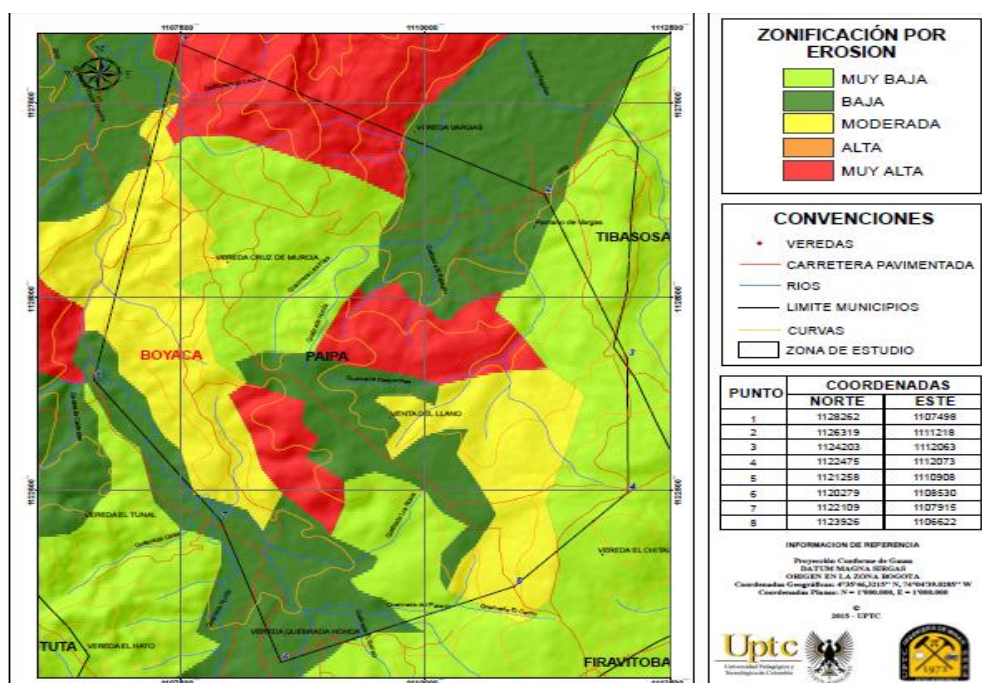
¹⁶ IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y CIAF (sistema de clasificación fisiográfica del terreno), Plan de ordenamiento territorial de Paipa. 2009.

Cuadro 3. Fauna de la zona de estudio.

No.	Vereda	Fauna
1	Quebradahonda	Mirlas, copetones, chisgas, jaquecos, babaguyes, perdices culebras labranceras, lagartos.
2	Pantano de Vargas	Mirlas, búhos, copetones, animales comunes del monte.
3	Venta del Llano	Algunos roedores y pequeñas aves, ciotes, copetones y
4	Caños	Copetones, chisgas, conejos, ciotes, mirlas negras y blancas, perdices, jaquecos, búhos.
5	Cruz de Murcia	Aves, conejos, zorros, armadillos.
6	La playa	Sólo algunos roedores y aves pequeñas
7	El chital	Perdices, tinajos, zorros, ciotes, murciélagos, águilas, conejos, faras, palomas, torcazas.

Fuente: GONZÁLEZ, María y DÍAZ, Angélica. Flora y fauna del municipio de Paipa, Boyacá. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2013.

Figura 3. Mapa de la erosión en la zona de estudio.



Fuente: Resultados de estudio.

ZONIFICACIÓN POR VALORES NATURALES

- MUY BAJA
- BAJA
- MODERADA
- ALTA

CONVENCIONES

- VEREDAS
- CARRETERA PAVIMENTADA
- RIOS
- LIMITE MUNICIPIOS
- CURVAS
- ZONA DE ESTUDIO

PUNTO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
1	1128262	1107498
2	1126319	1111218
3	1124203	1112063
4	1122475	1112073
5	1121268	1110908
6	1120279	1108530
7	1122109	1107915
8	1123525	1106622

INFORMACION DE REFERENCIA

Proyección Conforme de Gauss
DATUM MAGNA BIRGAS
ORIENTE EN LA ZONA BIRGOTA
Coordenadas Geográficas: 4°35'46,3210" N, 74°4'49,8280" W
Coordenadas Planas: N = 1988.066, E = 1988.066

© 2015 - UPTC

Uptc Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS

4.1.8. Medio socioeconómico. Es un componente de gran importancia, ya que los conflictos en contra de la minería son influidos por las comunidades del sur de Paipa.

Sectores económicos. Sectores de la producción. En la estructura económica regional, Paipa participa ampliamente con diversos productos en cada uno de los sectores económicos. El valor agregado de estos productos no solamente ha permitido una diversificación intrínseca, sino también es fuente de ingresos de numerosas familias que fomentan la cultura de productos característicos del municipio.

En el sector industrial, la producción de energía y la metalmecánica, son los de mayor importancia a nivel económico y los que se deben considerar en el ámbito del impacto ambiental; igualmente, existen en el municipio diversos sectores de producción en el área manufactura, grupos de artesanos, confección de ropa y elaboración de insumos y productos alimenticios.

En el sector comercio y servicios, su mayor aporte está representado en las actividades que genera la industria hotelera: servicios de hospedaje, transporte, infraestructura para la recreación y el descanso, entre otros. El desarrollo comercial está basado principalmente en la oferta de bienes de primera necesidad y desde luego el comercio de artesanías que está altamente relacionado con la actividad turística¹⁷.

En la zona sur del municipio de Paipa, las actividades económicas más relevantes son la agricultura, ganadería, turismo y en un porcentaje menor, la minería. Para el desarrollo del proyecto fue necesario realizar una encuesta integral a una parte de la población del sur de Paipa de 60 personas, 30 hombres y 30 mujeres los cuales expresaron sus inquietudes y opiniones acerca de la actividad minera en este sector debido a los enfrentamientos, quejas y reclamos conocidos por la misma.(ver resultados en Anexo D).

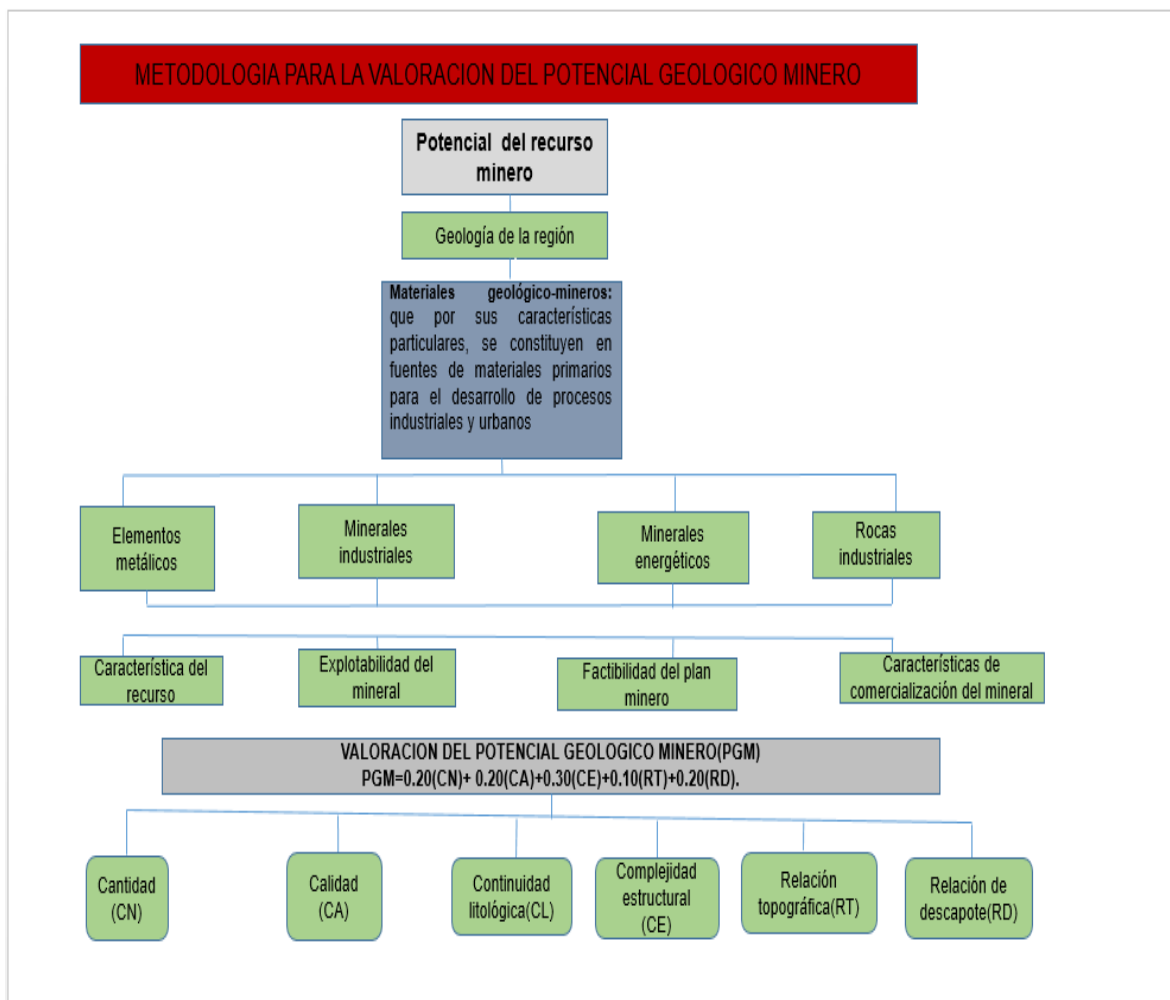
4.1.9. Caracterización socio cultural. En la historia reciente de Paipa se encuentra siempre presente la valoración de los recursos naturales y la extraordinaria belleza de su paisaje que invita al descanso y a la tranquilidad. El nacimiento de aguas termales en predios de la hacienda el salitre, construida por don Agustín Justo de Medina en el año 1780, el monumento a los 14 lanceros, construido por el maestro Rodrigo Arenas Betancourt en el año 1969 como homenaje a la batalla del 25 de julio de 1819. Para el siglo xix Paipa era ya lugar de veraneo y recreación debido a un saludable clima y a la existencia de aguas termales; pero solo a mediados de este siglo comienza el desarrollo de la infraestructura hotelera con la construcción del lago Sochagota y el aeropuerto en 1956, el hotel colonial, las piscinas municipales, luego la construcción del hotel Sochagota, panorama, lanceros y el Paipa hotel, centro de convenciones, club militar, además de la aparición, en las últimas décadas, de varios hoteles en el núcleo urbano, como el hotel Daza, la Casona, Tuvalu, entre otros. Pero además Paipa posee valiosas fuentes de recursos minerales como el carbón, consumido especialmente por GENSA, antes empresa de energía de Boyacá (EBSA) mineral de hierro y puzolana cuya explotación abastece el consumo de las empresas fabricantes de cemento en el departamento. Respecto a este componente social se puede agregar que la comunidad está preocupada por el impacto visual que causa la minería a tajo abierto ya que puede perjudicar considerablemente la

¹⁷ IGAC. Plan de ordenamiento territorial del municipio de Paipa. Medio socioeconómico y cultural.2009

actividad turística del municipio de Paipa, pues la mayoría de sus atractivos se encuentran en la zona de estudio.

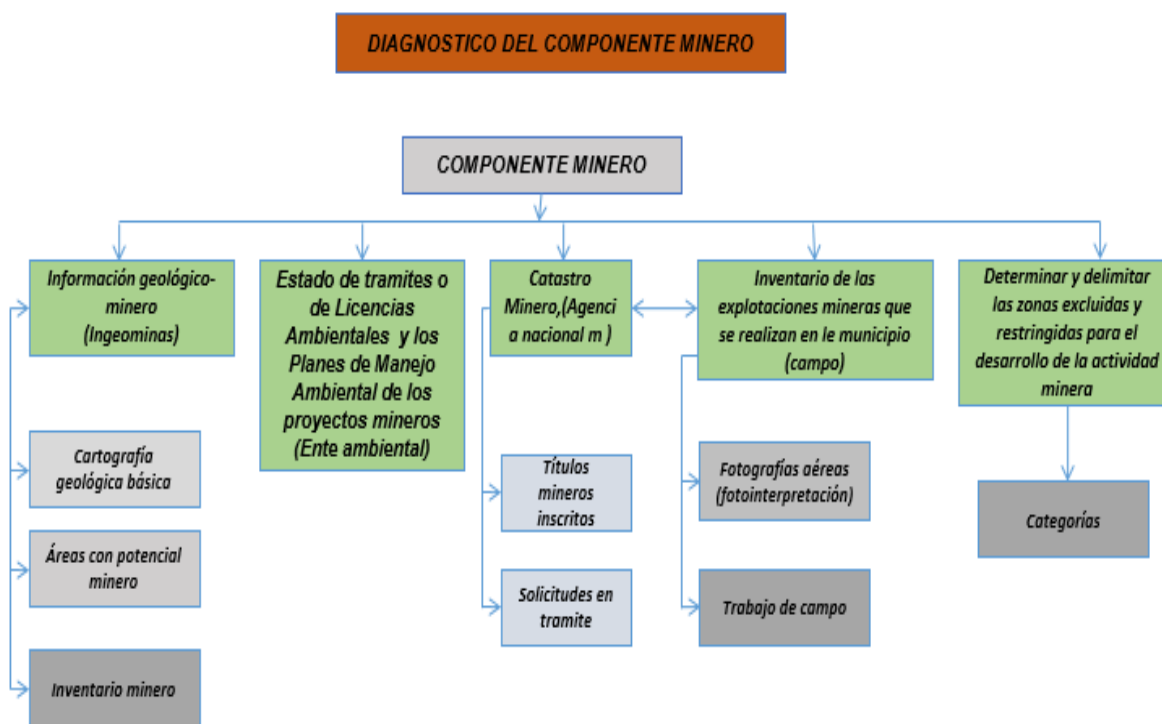
4.2. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD MINERA.

Cuadro 4. Metodología para la valoración del potencial geológico minero.



Fuente. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Lineamientos para la política nacional de ordenamiento ambiental del territorio, 1998.

Cuadro 5. Diagnóstico del componente minero.



Fuente. MINMINAS, UPME. Plan Nacional de Desarrollo Minero, Bogotá, 1998.

4.2.1. Características del mineral de hierro.

Los depósitos de mineral de hierro se encuentran entre la formación Tilatá y los depósitos cuaternarios, se presenta como una masa homogénea, sin poder observar su forma debido a su origen hidrotermal, ubicados en la vereda Quebrada Honda y existe un depósito sin explotar en los límites con el municipio de Tuta.

El mineral de hierro se observa en la superficie aproximadamente a 0.05 m de la capa vegetal. El hierro se presenta en casi todas las rocas sedimentarias en bajos porcentajes, pero cuando éstos son mayores al 30% representan un interés industrial. En cuanto a su origen se han explicado dos fuentes principales: meteorización y actividad volcánica, que permiten que el hierro sea segregado por procesos sedimentarios de tipo químico; hematita y magnetita son los minerales de hierro cuantitativa y económicamente más importantes, junto con ellos se

encuentra una amplia variedad de especies minerales que incluyen óxidos e hidróxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros¹⁸.

La nomenclatura y clasificación de los yacimientos de hierro no es sistemática. Existe gran variedad de propuestas para su clasificación, una de ellas propone tres categorías de clasificación de los yacimientos de hierro: (1) formaciones de hierro (Iron formations), (2) rocas ferríferas (ironstones) y (3) menas de hierro de pantano (bogiron ores). Cada uno de estos yacimientos se caracteriza y distingue de los otros por diferencias en el ambiente geológico, edad, forma, mineralogía y modo de depositación. Esta mineralización se caracteriza por presentar como componente principal goethita (FeO.OH), formada por procesos químicos en ambientes oxidantes y precipitada directamente en cuencas cerradas (el denominado hierro de pantanos). Goethita formada a partir de fluidos volcánicos ácidos que transportaron el hierro en solución a través de fracturas, precipitando por oxidación como hidróxido¹⁹.

Asociado a la goethita pero en menor cantidad se encuentra la lepidocrocita (FeO.OH) y la hematita (Fe_2O_3), cada vez en menor proporción, producto del reemplazamiento por los hidróxidos de hierro. La hematita es un mineral accesorio común en ambientes hidrotermales, que requiere de un ambiente oxidante para precipitar. La lepidocrocita es un constituyente común junto con la goethita de ambientes de pantano.

La formación Tilatá pertenece a la edad terciaria, la cual está aflorando hacia la parte sur del municipio de Paipa, en la vereda quebrada honda, su composición litológica la conforman areniscas friables, arcillas rojizas a amarillentas paquetes y minerales con alto contenido de hierro con tonos rojizos a ocre, con presencia de óxidos.

En el sector de interés se encuentra aflorando en la parte norte, en esta zona alcanza unos 5 a 7 m, de espesor, con excelente recuperación en superficie.

Tipo de mineral. El tipo de material presente en el área de estudio está constituido principalmente por mineral de hierro con tonos amarillentos, rojizos y ocre.

Caracterización metalográfica del yacimiento de hierro. Regionalmente las manifestaciones de hierro en Paipa están asociadas a la actividad volcánica que se presentó a finales del neógeno en la cordillera oriental de Colombia. Los cuerpos volcánicos se encuentran en un sector donde predominan rocas sedimentarias del cretáceo, paleógeno y neógeno, al sur del macizo de floresta y al noreste del sinclinal de Tunja. A causa de la actividad volcánica, subió fluidos

¹⁸ Carozzi, Estudios sobre el mineral de Hierro.1993.

¹⁹ Stanton, Clasificación del mineral de hierro según su composición.1972.

mineralizantes y por reemplazamiento se depositó en los estratos sedimentarios de areniscas y arcillas existentes en la formación Tilatá, formando así el yacimiento de hierro en forma más o menos tabular a la estratificación. En el mapa geológico regional se muestran las diferentes formaciones cercanas a la zona de interés como lo es, un depósito cuaternario en la parte noroeste sobre la cuenca de la quebrada honda en la parte central se ve la formación Tilatá la cual contiene las manifestaciones ferrosas que están contenidas en estratos de arcillolitas y areniscas, también se encuentra una brecha hidrotermal el cual contiene el material puzolánico, al sureste del mapa se encuentra la formación una el cual contiene areniscas cuarzosas con intercalaciones de shales²⁰. El mapa geomorfológico está dividido en una parte de cuello volcánico en pórfido riódacítico sobre la parte central y casi toda el área de interés se encuentra cubierto por una zona de lomas y pendientes de areniscas, conglomerados y arcillolitas a una altura aproximada de 2610 m.s.n.m. Y se va extendiendo para una zona de antigua explotación de este mineral en las coordenadas E: 1°108.927 y N: 1°120.601 y la otra en coordenadas E1108943 y N1120548 a una altura de 2625 m.s.n.m. El yacimiento se extiende hasta la falla cerro plateado donde también se encontraron vestigios del mineral de hierro y a la parte sureste afloramientos de puzolana donde se hizo exploración mediante apiques. Actualmente en los dos yacimientos en explotación se encuentran trabajando 20 trabajadores en total en un solo turno y la producción diaria no supera las 10 toneladas.

Fotografía 1. Mina de hierro el mortío.



Fuente. Datos del estudio

²⁰ GARZÓN; PARDO & ALFARO, clasificación metalográfica del mineral de hierro. 2003 y 2005.

Fotografía 2. Poceta de desagüe, mina Quebradahonda.



Fuente. Datos del estudio.

4.2.2 Características de los materiales de construcción. Los materiales de construcción se clasifican en materiales mixtos (gravas, arenas y arcillas), arenas y arcillas. Los materiales mixtos están constituidos por bloques y gravas de líticos sedimentarios, y por arenas.

Los depósitos de estos materiales son explotados como canteras a tajo abierto, artesanalmente y con ayuda de explosivos en porcentaje mínimo. Se utilizan entre otros elementos taladros, palas mecánicas, excavadoras y volquetas. La mayor parte de las minas corresponden a rocas pertenecientes a las formaciones cretáceo-terciarias donde se encuentran capas de areniscas, lutitas, y arcillas.

En cuanto al personal empleado se calcula en 70 personas que trabajan temporalmente de acuerdo a las leyes de oferta y demanda. En la mayoría de los casos el personal no utiliza casco u otros medios de seguridad.

La producción no supera 30 toneladas por día. Ambientalmente la explotación de las minas contribuye a la degradación del paisaje acelerando la erosión y produciendo además material desechable redepositado sin seguir normas ambientales de protección del ambiente. La presencia de estas minas en áreas de atracción turística como el sector sur de Paipa y el sector aledaño a la vía Paipa - Pantano de Vargas causa malestar a la comunidad y un innegable impacto visual, que afecta al sector del turismo. La minería de los minerales no energéticos en la zona de estudio se desarrolla sin normas técnicas de explotación y ha acelerado

los procesos de erosión y deterioro del paisaje. Adicionalmente se encuentra de manera informal. Cómo las autoridades no cuentan con un censo minero que permita monitorear el desarrollo de la misma y por ende tomar medidas especialmente concernientes a la seguridad, a la prohibición de explosivos, y seguimiento de normas mínimas para la preservación del ambiente.

Fotografía 3. Cantera de materiales de construcción, Cruz de Murcia



Fuente. Datos del estudio.

Fotografía 4. Recuperación de la capa vegetal en la mina la casajera



Fuente. Datos del estudio.

4.2.3. Características de la Puzolana. La puzolana constituye un material sílico-aluminoso que finamente dividido y en presencia de agua se combina con el hidróxido de calcio, a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que poseen propiedades cementicias²¹. Este material se localiza adyacente a los cuerpos de roca ígnea andesítica presente al sur y suroriente del municipio de Paipa. La puzolana se presenta en forma masiva y de un color claro blanco a blanco-grisáceo, y se explota a tajo abierto extrayéndose manualmente y con ayuda de maquinaria.

En contacto con el material de puzolana se observa una secuencia sedimentaria finamente estratificada y casi horizontal, interpretándose su depositación en una subcuenca con un régimen de sedimentación lacustre. Especialmente compuesta de limolitas, arenas finas y material volcánico, y que pudo dar origen a la puzolana en explotación. Los depósitos de puzolana son explotados por cementos Argos y Cemex, en su mayoría y por personas naturales en menos proporción siendo utilizados para optimizar las propiedades de los cementos producidos por las mismas. En cuanto a los factores ambientales siendo un material muy fino se observa la polución del aire, y por otro lado el deterioro del paisaje acelerando el proceso de erosión superficial, agregando el daño superficial a las cuencas hidrográficas, de las cuales se han tenido quejas por parte de la comunidad. Por lo cual se está trabajando en esa parte para minimizar los impactos producidos y mantener la minería responsable en el sector.

Fotografía 5. Mina en explotación activa por CEMEX, Venta del Llano



Fuente. Datos del estudio

²¹ INDUSTRIAL MINERAL ROCKS, Propiedades físicas y químicas de la puzolana 1975.

Fotografía 6. Mina en explotación, cementos Argos, Venta del Llano.



Fuente. Datos del estudio.

Fotografía 7. Yacimiento en labores iniciales, cementos Argos, Quebradahonda



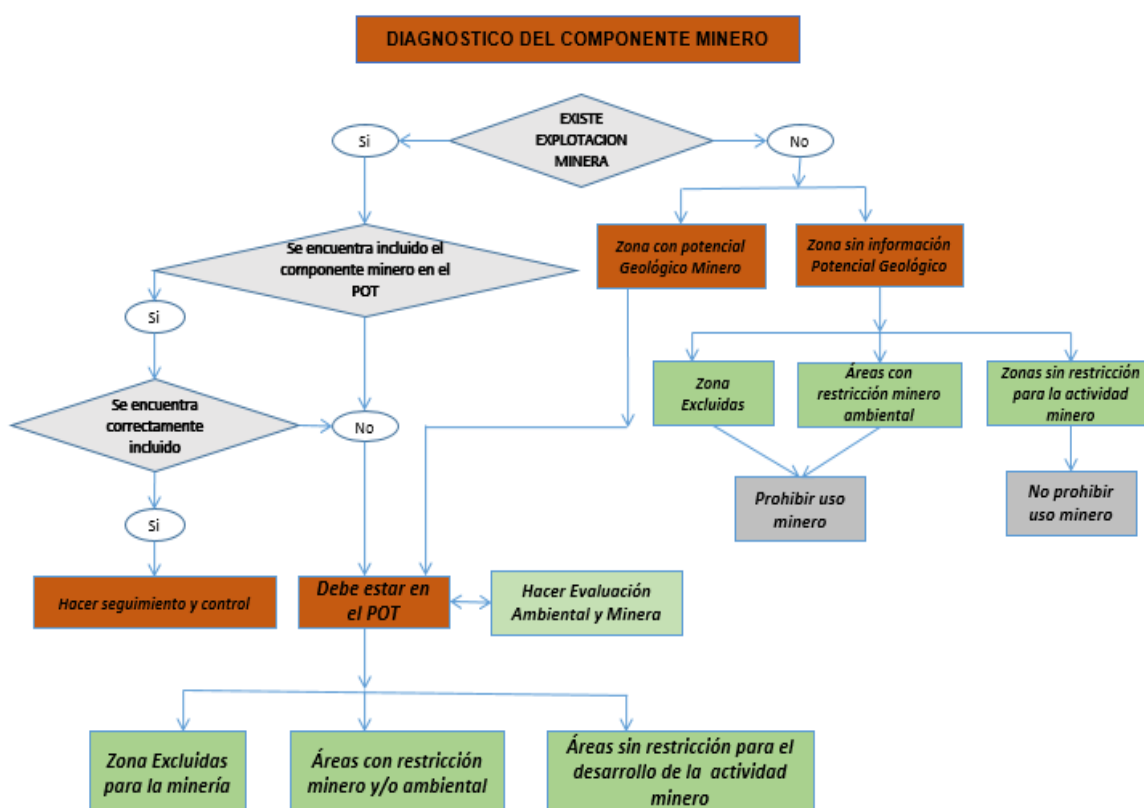
Fuente. Datos del estudio.

Fotografía 8. Mina en explotación activa, minería de Pantoja S.A, Venta del Llano



Fuente. Datos del estudio.

Cuadro 6. Diagrama para la inclusión del componente minero en el POT.



Fuente. MINISTERIO DE MINAS, UPME. Plan Nacional de Desarrollo Minero, Bogotá, 1998.

A continuación se puede apreciar la situación actual de la minería a cielo abierto en el municipio de Paipa.

Cuadro 7. Listado de títulos mineros de minerales no energéticos de Paipa.

Modalidad	No	Titulares	Minerales
Licencia de explotación	11526	Cemex Colombia s.a.	Puzolana
Licencia de explotación	00010-15	Ana Rocío Vargas, Luís Alejandro Neissa.	Puzolana
Licencia de explotación	00208-15	José de Jesús rojas.	Puzolana y demás concesibles
Licencia de explotación	00455-15	Minería de Pantoja s.a.	Puzolana
Licencia especial de materiales de construcción	00248-15	Isaías hurtado, Jaime parra y Cía. Ltda.	Materiales de construcción
Licencia de explotación	00281-15	Clara Isabel Camargo	Recebo, puzolana
Licencia especial de materiales de construcción	00752-15	Nélida Rojas Martínez	Materiales de construcción
Licencia de explotación	00212-15	Hernán granados	Arcilla, arena
Contrato de concesión	Ibq-08001x	Goliat s.a.	Demás concesibles, materiales de construcción
Contrato de concesión	Ifk-14431	Bertilde Fonseca, William Gerardo Pita	Arena
Contrato de concesión	Jat-15091	Cerámica San Lorenzo s.a.	Puzolana, perlita sin dilatar
Contrato de concesión	01489-15	Ana julia acosta, Suarez acosta Edgar.	Hierro
Contrato de concesión	00450-15	Cementos Argos s.a.	Demás concesibles, puzolana

Cuadro 7. (Continuación)

Contrato de concesión	01419-15	Olegario pulido	Demás concesibles, materiales de construcción.
Contrato de concesión	lcq-08561	Jairo José Cristancho, Álvaro Alfonso romero	Demás concesibles, mineral de hierros asociados.
Contrato de concesión	lcq-0800149x	Holcim Colombia s.a.	Caliza cementera
Contrato de concesión	lho-16091	Rafael rojas, Rosa Elvira rojas	Demás concesibles, puzolana
Contrato de concesión	lcq-08279	Misael Zanguña, Ana Mireya Zanguña, Luz Ángela Zanguña, María Yesenia Zanguña	Arena, materiales de construcción
Contrato de concesión	00763-15	Luis Alejandro Fernández	Demás concesibles, puzolana
Licencia de exploración	00764-15	Servicios y productos Ltda.	Demás concesibles, puzolana
Contrato de concesión	00993-15	Olegario pulido	Materiales de construcción, demás concesibles
Contrato de concesión	00449-15	Cementos Argos s.a.	Demás concesibles puzolana
Licencia de explotación	00280-15	José Neftalí Camargo	Demás concesibles hierro
Licencia especial de materiales de construcción	00245-15	Nelson Camargo	Materiales de construcción
Contrato de concesión	00778-15	Cementos Argos s.a.	Puzolana

Cuadro 7. (Continuación)

Contrato de concesión	00451-15	Cementos argos s.a.	Puzolana, demás concesibles.
Licencia de explotación	17308	Cemex Colombia s.a.	Puzolana
Contrato de concesión	17319	Cementos Argos s.a.	Materiales de construcción
Autorización temporal	Kem-08381	Consorcio Ingo Paipa	Materiales de construcción
Contrato de concesión	Jgt-10291	Adalberto Paba, Otoniel Fonseca, German Enrique mesa.	Puzolana, hierro
Contrato de concesión	Jhe-15492	Milton Arnulfo García	Puzolana, demás concesibles
Contrato de concesión	Jjr-09261	Adalberto Paba, Carlos Alberto verdugo	Minerales de hierro, puzolana, demás concesibles.
Contrato de concesión	Jhe-15493x	Milton Arnulfo García	Demás concesibles, puzolana

Fuente. Resultados del estudio.

Cuadro 8. Información actualizada de los títulos mineros en la zona de estudio.

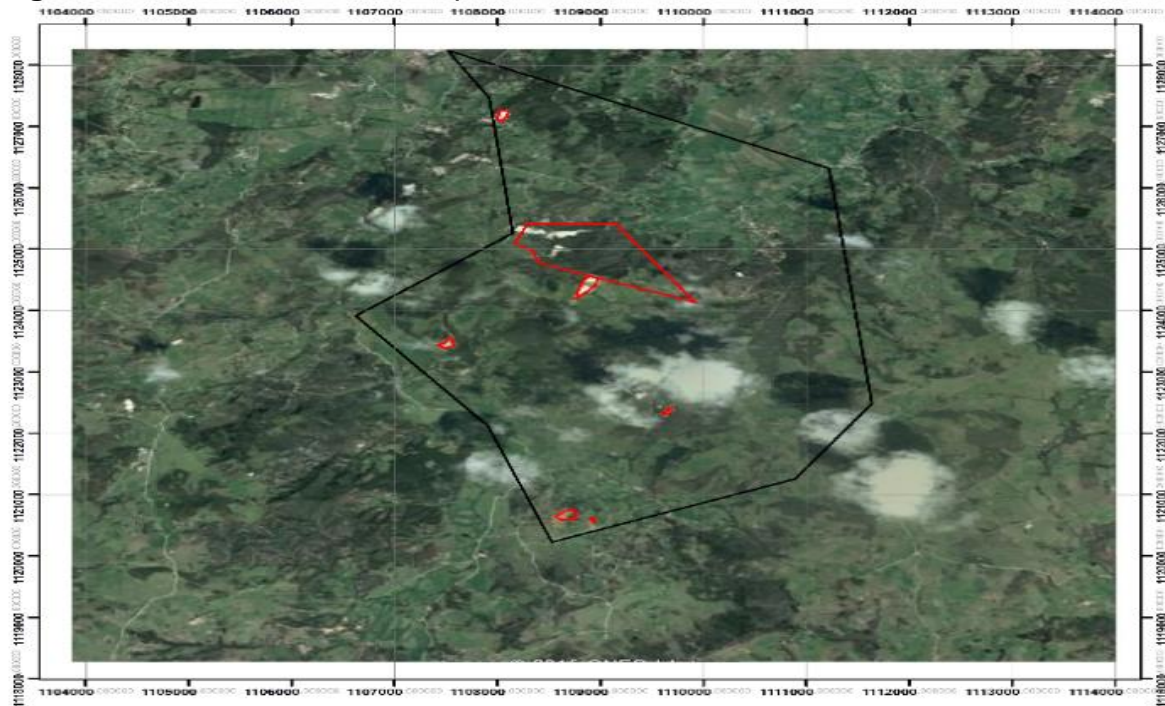
No	Estado jurídico	Área (Has)	Duración (años)	Vereda
11526	Vigente	35	13	Venta del llano
00010-15	Vigente	64	16	Quebrada Honda
00455-15	Vigente	56	18	P.Vargas-cruz de Murcia
00752-15	Vigente	2,540	14	Cruz de Murcia
Ibq-08001x	Vigente	17	No informa	No información
Jat-15091	Vigente	244	29	Quebrada Honda-límites con Tuta

Cuadro 8. (Continuación).

00450-15	Vigente	90,89	29	Pantano de Vargas
01419-15	Vigente	70,85	29	Escuela nueva-sativa
lcq-08561	Vigente	131	29	QuebradaHonda
lho-16091	Vigente	42	29	QuebradaHonda
lcq-08279	Vigente	11	29	Salitre
00763-15	Vigente	27	29	Escuela venta del llano
00764-15	Vigente	29,78	1	QuebradaHonda
00379-15	Vigente	20	10	QuebradaHonda-pantano de Vargas
00993-15	Vigente	8	26	Sativa-escuela
00449-15	Vigente	33	29	Olitas-escuela
00280-15	Vigente	28	13	Alto de volcanes
00245-15	Vigente	8	4	Olitas-QuebradaHonda
00778-15	Vigente	93	29	Pantano de Vargas-cruz de Murcia
00451-15	Vigente	75	29	Pantano de Vargas
17308	Vigente	29	21	QuebradaHonda-pantano de Vargas
17319	Vigente	526	42	Confluencia QuebradaHonda grande-agua tibia

Fuente. Datos catastro minero colombiano; resultados del estudio.

Figura 5. Localización de las explotaciones activas.



Fuente. Resultados del estudio.

4.3. MÉTODO Y SISTEMA DE EXPLOTACIÓN SUGERIDO PARA LOS MINERALES DE HIERRO, MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y PUZOLANA.

El sistema de explotación recomendado es el que se utiliza tradicionalmente en este tipo de yacimientos, en el cual se desarrollan una serie de terrazas y bermas para permitir el descenso de volquetas y maquinaria de extracción. Estas se inician en la parte más alta y van descendiendo, de manera que el terreno después de la explotación queda terraceado y restaurado.

Este sistema se conoce como bancos descendentes y permite la extracción segura de los materiales, con recuperación progresiva del terreno de conformidad con los lineamientos definidos por el proceso de planeación. De esta manera se logra que las áreas ya explotadas en su totalidad, sean rehabilitadas y aprovechadas para su futuro uso forestal, conservacionista, recreacional, urbanización entre otros.

Para efectuar el correcto diseño de una cantera, es necesario hacer una excelente investigación geológica, con la cual se obtiene el modelo y caracterización del depósito, con todas sus características litológicas y estructurales, que permitirán optimizar la geometría del frente y planificar las labores y el control y previsión de la calidad de los materiales a extraer.

En el momento de proyectar una cantera a cielo abierto, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

Geométricos: están en función de la estructura y morfología del depósito, tales como la pendiente del terreno, los límites de la propiedad, etc.

Geotécnicos: dependen de la orientación de las diaclasas y las diferentes estructuras del macizo rocoso y de los parámetros geomecánicas de los materiales.

Operativos: definen las dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad, tales como altura de banco, ancho de berma y vías.

Medioambientales: son todos aquellos cuidados que permiten la explotación de la cantera, acorde con la normatividad y el plan de restauración aprobado por la autoridad ambiental²².

Ventajas y desventajas

Se puede observar que aunque el espesor del yacimiento permite la implementación de un “banco único” es posible que las condiciones mecánicas no ofrezcan las mejores garantías para el personal y la maquinaria involucrada en la explotación, debido a la inestabilidad generada en el yacimiento al realizarse el arranque del mineral por un sistema mecánico por lo cual no se trabaja un banco único, ya que los bancos múltiples garantizan una mayor seguridad en la labor de explotación, tanto para los equipos como para los empleados. De esta forma se empieza la explotación manteniendo siempre la geometría del banco. Los bancos están conectados unos a otros por medio de rampas y se deben realizar cunetas para el manejo de las aguas lluvias o freáticas.

En la parte más baja de la mina se construye un sumidero, cuya función principal es recoger todas las aguas provenientes de los bancos de explotación con el fin de poderlas evacuar por medio de bombas a un sitio fuera del área de explotación.

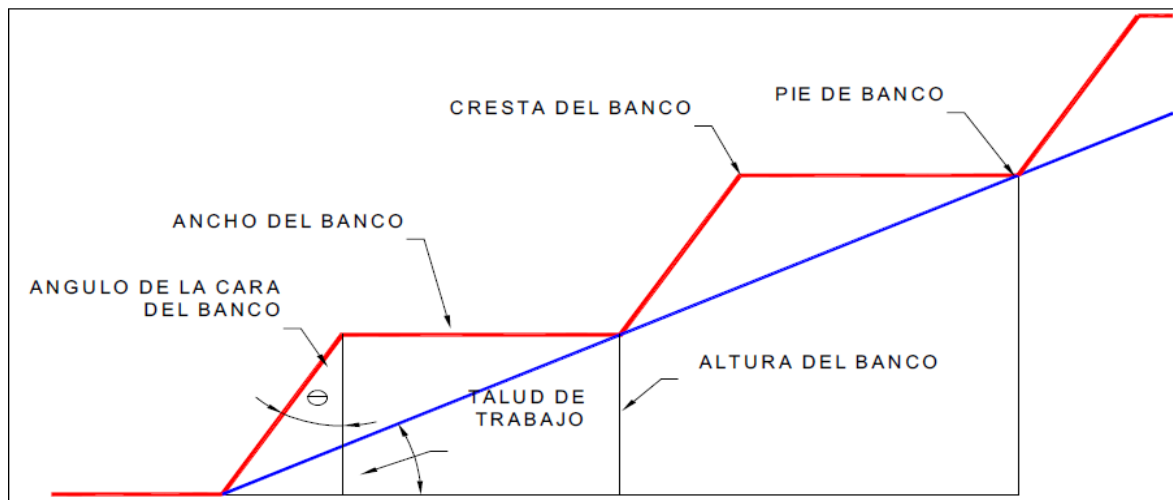
Diseño de bancos. El cálculo y diseño de los bancos, depende de los datos estructurales, ensayos y experiencias de explotaciones en condiciones similares a las del yacimiento objeto de estudio (buzamiento, dimensiones, forma). Así como del capital disponible para la ejecución del proyecto y producción esperada, ante los óptimos resultados de los diferentes ensayos físicos y mecánicos aplicados anteriormente a los minerales en estudio, el factor de seguridad permite diseñar

²² PÉREZ, Nicolás y TORRES, Edelber. Diseño del método de explotación para la cantera santa Cecilia localizada en el municipio de Nobsa (Boyacá). Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. Sogamoso. 2012.

bancos de gran altura, debido a este hecho se minimizan ostensiblemente las posibilidades de aparición de fallas de tipo planar, circular, en cuña o por vuelco.

Elementos y definiciones básicas de un banco.

Figura 6. Características geométricas de los bancos.



Fuente. Diseño de vías y rampas en minería a cielo abierto.

Banco: bloque definido con ancho y alto en mineral o estéril, formando un nivel de operación sobre el cual se trabaja en forma horizontal por capas.

Ángulo talud de banco: línea definida por un ángulo entre la horizontal y la línea al pie del banco que une la cresta.

Altura de banco: distancia vertical entre la cresta y el piso.

Ancho de banco: distancia horizontal comprendida entre la cresta y el pie.

Cresta de banco: línea formada por la intersección de la parte más alta de talud y la berma de seguridad.

Pie de banco: línea formada por la intersección de la parte inferior del talud y el piso.

Ángulo de talud de trabajo: ángulo de una línea imaginaria que uno todos los pies de los bancos, formando un ángulo respecto a la horizontal.

Ángulo final del talud: ángulo de una línea imaginaria respecto a la horizontal que une el pie del banco más bajo y la cresta del banco superior.

Características geométricas de los bancos.

Altura de banco (h_b): por razones de seguridad la altura máxima aconsejada en minas y canteras es de 15 m y solo para aplicaciones especiales debe alcanzar los 20 m.

De acuerdo con las propiedades de cada uno de los materiales a explotar se adecúa la altura de banco. La retroexcavadora evacuará el material realizando doble banqueado debido al alcance de excavación efectiva que es de 5 metros.

Ancho de banco (a_b): este factor depende de los parámetros de la operación de las máquinas, teniendo en cuenta que el equipo de cargue y transporte; será sobre orugas y ruedas respectivamente, de tamaño mediano y semipesado. De modo que se dé una operacionalidad normal de los equipos, el espacio suficiente para el material arrancado y la maximización de las reservas explotables.

Zona de cargue: comprende la distancia ocupada por el volumen de mineral arrancado y ancho del equipo de cargue incluido el radio de giro de este. La longitud de la retroexcavadora 4 m, admite una zona de carga de 8 m de ancho (sentido buzamiento)

Vías: debe ser suficiente para el acceso y salida de los diferentes equipos hasta el frente de explotación, por tanto con un solo carril es suficiente, además los equipos tienen un ancho de 2.5 m (camión) por lo que la vía tendrá un ancho efectivo de 8 m.

Berma de seguridad: son utilizadas en el diseño de vías en minería a tajo abierto como medidas de prevención ante la posibilidad de caídas tanto del personal como de la maquinaria. Teniendo en cuenta el alto grado de inclinación del talud y su altura se ha seleccionado un ancho de 2 m.

Ángulo talud del banco (α): corresponde a la cara del banco, este ángulo se forma entre la línea de pendiente del banco y un plano horizontal de referencia. El diseño de la cara del talud está en función de la orientación e inclinación de las diaclasas existentes. En la selección de la inclinación de la cara del talud debe tener en cuenta la clasificación geomecánicas del macizo rocoso.

Ángulo de talud de trabajo (Θ): hace referencia a la pendiente de un grupo de bancos escalonados. Es el ángulo que se forma entre la línea perpendicular a la longitud de los bancos que une los pies o las crestas de todos los bancos con la horizontal. Se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 4. Cálculo de los elementos de los bancos

$$\theta = \arctan \left(\frac{h_b}{A_b + \frac{h_b}{\tan \alpha}} \right) \quad (1)$$

Longitud eje axial del talud de trabajo (Lt): es la longitud mínima que existe entre el piso o la cresta del primer banco hasta el piso o la cresta del último. Este eje divide los taludes finales en dos segmentos iguales. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$L_T = \frac{N^o_N \times (A_b + \frac{h_b}{\tan \alpha})}{\cos \theta} \quad (2)$$

Ángulo final del talud (ϕ): el ángulo con respecto a la horizontal de la línea que une el pie del banco más bajo y la cresta del banco superior, se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\phi = \arctan \left(\frac{N^o_N \times h_b}{N^o_N \times (A_b + \frac{h_b}{\tan \alpha}) - A_b} \right) \quad (3)$$

Dónde:

Lt = longitud del talud de trabajo (m)

N^o_n = número de niveles

Hb = altura de banco

Ab = ancho de banco

A = ángulo talud del banco

Θ = ángulo de talud de trabajo

Φ= ángulo final del talud

Cuadro 9. Resultados del diseño de bancos.

Parámetro	Materiales de construcción	Puzolana	Hierro
Ángulo talud del banco (α)	60°	60°	50°
Altura de banco (abm)	10	6	10
Ancho de banco (hbm)	10	11	10
Longitud del talud de trabajo (ltm)	185m	157m	210m
Ángulo final el talud (ϕ)	32.5°	22.5°	30°

Fuente. Resultados del estudio.

Análisis geotécnicos.

Resistencia a la compresión simple (σ_c). Para la realización de este ensayo se toman las probetas cilíndricas obtenidas de la perforación con obtención de testigos.

Análisis de estabilidad. El proyecto contiene según investigaciones anteriores resultados para el análisis de estabilidad general; se tienen en cuenta los parámetros geotécnicos del suelo a remover y conformar; el método de análisis de aplicado es bishop modificado con falla circular.

El suelo a remover y conformar posteriormente presenta las siguientes condiciones:

Cuadro 10. Resumen de las propiedades mecánicas del suelo.

Propiedad	Valor
Factor de seguridad	1.3
Resistencia a la compresión	2.4 ton/m ³
Cohesión	0.8 kgf/cm ²
Ángulo de fricción interna	20°

Fuente. Resultados del estudio.

Para el cálculo nos basamos en el caso 3 de falla circular, donde se toman alturas posibles de banco para conformar el estéril, de la tabla se determina que al aumentar la altura de banco, disminuye el ángulo para el talud²³.

Cuadro 11. Cálculo altura de banco para estéril.

Altura banco (m)	Ángulo de talud
1.5	>80°
2	65°
3	50°
4	38°
5	25°

Fuente. Resultados del estudio.

De lo anterior podemos tomar un banco único de cuatro metros (4 m) de altura con un ángulo de talud de 38°.

El estéril procedente de la remoción se ubica en el área dejada por la explotación anterior, la cual queda contigua al área de la solicitud. Este material se deposita en forma progresiva al descapote, en base a los perfiles se establece que la cantidad de estéril a remover es de 2000m³ aproximadamente. Previamente si es posible se construye un filtro sobre la base del área del botadero para evacuar las aguas lluvias, para lo cual se utiliza el material más grueso que proviene de la clasificación durante la explotación.

Para el cálculo de estabilidad del material a explotar, tomamos los parámetros geotécnicos:

Cuadro 12. Propiedades mecánicas de materiales de construcción.

Propiedad	Valor
Factor de seguridad	1.7
Resistencia a la compresión	2 Mpa
Cohesión	1.125 Mpa
Ángulo de fricción interna	50.6°

Fuente. Resultados del estudio.

²³ BISHOP, Análisis de estabilidad en taludes.1955

Cuadro 13. Propiedades mecánicas de la puzolana.

Propiedad	Valor
Factor de seguridad	2.7
Resistencia a la compresión	0,05 – 0,28 Mpa
Cohesión	2,02 kgf/cm ²
Ángulo de fricción interna	48°

Fuente. Resultados del estudio.

Cuadro 14. Propiedades mecánicas del mineral de hierro.

Propiedad	Valor
Factor de seguridad	1.4
Resistencia a la compresión	0,8 Mpa
Cohesión	20 kgf/cm ²
Ángulo de fricción interna	20°

Fuente. Resultados del estudio.

Berma de seguridad: Toda vía elevada debe estar provista de bermas, para evitar la caída de vehículos que circulan por estas a niveles inferiores en caso de pérdida o deslizamiento del vehículo. En este caso particular se recomienda manejar ancho de bermas de 1,5 m para hierro y puzolana, y 2 m para materiales de construcción. De igual forma determinamos el ancho de la berma teniendo en cuenta tanto el tránsito de las volquetas como de la retroexcavadora

Servicios a la mina.

Zanjas de corona. El fin de la zanja de corona es conducir las aguas provenientes de la parte alta con el objeto de evitar que las aguas de escorrentía en periodos lluviosos drenen por el área en operación y de ésta manera facilitar las labores generales de explotación.

Canales perimetrales. Estos reciben las aguas de las cunetas en las bermas al igual q de la zanjas de corona de modo q las conduzcan a la parte más baja para luego ser bombeada.

Desagüe. Para el control del curso de aguas lluvia se proyecta la implementación de cunetas de acuerdo a los datos que se presenta en el cuadro 15 se adecua en forma paralela a las vías de desarrollo. Dicha cuneta conducirá el agua al

sedimentador que recolectara el agua de cada uno de los bancos y la conducirá al pozo de sedimentación en la parte más baja de la mina.

Cuadro 15. Valores para el diseño de la cuneta de desagüe.

Mineral	Ancho	Ancho de base	Altura
Puzolana	0.5m	0.4m	0.5m
Hierro	0.6m	0.4m	0.5m
Materiales de construcción	1m	0.4m	0.3m

Aspectos de montaje.

Accesos internos al área de interés.

Vías existentes. Para llegar a la zona de interés o al sitio de explotación se hace por la vía principal que de Paipa conduce al pantano de Vargas, y el carretable que conduce a la vereda quebrada honda, venta del llano y cruz de Murcia aproximadamente de 2 a 4 km, esta vía se encuentra transitable hasta el sitio de interés, se realiza mantenimiento a medida que se va deteriorando por parte de la secretaría de infraestructura del municipio. Utilizando material de recebo. La vía cuenta con un ancho de 4 a 5 m.

Instalaciones y adecuaciones proyectadas.

Movimiento de tierras. Debido a que el mineral a extraer está aflorando en la mayor parte del sitio de interés, no se presenta un movimiento de tierras de consideración por lo cual el material estéril extraído se dispondrá en la parte norte para luego ser utilizado en las cárcavas que existen en el entorno del proyecto.

Estructuras necesarias. Se debe hacer el manejo de las aguas de escorrentía y superficiales, así como las aguas residuales que se generan por la utilización del campamento, el número de unidades de tanques para el tratamiento de las aguas que se generan en el sector de la explotación es relativo, dependiendo la época del año y sus estaciones climatológicas.

Operación.

Sistema de explotación. El sistema de explotación a implementar es continuo a tajo abierto, aplicando el método de banco descendente; la explotación se realizará en avance, dando comienzo a la extracción de mineral desde el sector sur, avanzando en sentido norte.

Apertura y preparación. La preparación consiste en recuperar y transportar la capa vegetal y los estériles fuera del sector de explotación a unos 50 m, de distancia donde se debe acomodar un terreno para la disposición de estos.

Labores de extracción. El arranque del mineral se realiza en sentido sur - norte, en todo lo ancho del frente inicial, siguiendo el depósito de la estructura en sentido sur conformando un único banco y talud de explotación, para así facilitar la disgregación del material.

Cargue. El material será cargado en el patio que se va formando terrazas de explotación, a medida que se vaya avanzando, esta labor se realizará con maquinaria pesada (retroexcavadora).

Transporte. El material arrancado será cargado sobre volqueta sencilla de 10 toneladas de capacidad o en volquetas de doble troque con una capacidad de 18 toneladas, el cual es llevado directamente a los sitios de comercialización que los titulares convengan.

Infraestructura en general. Se debe con la infraestructura necesaria, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos y un buen desarrollo de las operaciones mineras los más importantes son los siguientes:

1. Campamento.
2. Unidad básica.
3. Cuarto de herramienta.
4. Vías internas y externas.
5. Electrificación – transformador.

Equipo y maquinaria. Dadas las características de los materiales, el método de explotación, el beneficio y la transformación a llevar a cabo, se requiere y se tiene la siguiente maquinaria que se relaciona a continuación:

Retroexcavadora 510 D, Jd. Volquetas capacidad de 10 y 18 ton. Herramientas menores

Beneficio. Consistirá en separar los sobretamaños de forma manual en el momento de la explotación con el fin de garantizar que el mineral que se comercialice presente las condiciones en cuanto a homogeneidad en tamaños.

Esta fase de aprovechamiento no necesita de ningún recurso natural renovable, ni tampoco existen vertimientos debido a que la operación minera no requiere del uso industrial de agua. Los cuerpos de agua existentes corren fuera del área de la cantera; de igual manera, en el área a explotar no existen afloramientos de aguas superficiales y/o subterráneas.

Producción. La producción se estima en la extracción de 10, 30 y 50 ton/día respectivamente, contando que puede variar por cualquier razón para un total de 30000,90000 y 150000 toneladas en promedio mensual en relación al mineral de hierro, material de construcción y puzolana. Las cuales tienen el mercado en diferentes plazas del departamento.

Disposición de estériles. Dadas las características del yacimiento, la buena calidad del mineral en extracción, la producción de estériles es mínima, el material que no cumpla con los requisitos de calidad es localizado hacia el sector oriental para en un futuro readecuar las áreas finales de diseño.

Producción Ton/año. La producción la establece la demanda que haya en el momento, pero se estima que anualmente se comercialicen unas 3600 a 5000tn de mineral de hierro, 10800tn de materiales de construcción y 18000 ton de puzolana, el cual se está explotando con mayor frecuencia y en mayor proporción actualmente, se puede considerar también que los títulos que están vigentes pero que no han iniciado la etapa de explotación lo realicen en el transcurso de los próximos años y obviamente aumentará la producción y todos los aspectos relacionados a la misma

Generación de residuos. Residuos líquidos. Las aguas residuales que se van a generar son las que se produzcan por el uso doméstico en el campamento y las que se acumulen en el frente de explotación que son las de escorrentía, las cuales son mínimas pues estas se utilizarán para regadío de pastos con un tratamiento previo a su uso.

Residuos sólidos. La generación de estos residuos es mínima, los cuales se acumularán en bolsas de polietileno dependiendo de su composición, para luego ser transportados en volqueta a un sitio de disposición final adecuado para este fin. Contaminantes atmosféricos. Por el tipo de extracción de la explotación la minería de hierro y materiales de construcción no genera en cantidad considerable emisiones y partículas, exceptuando la minería de puzolana por lo tanto se está cumpliendo con la norma de calidad de aire, exigida por el ministerio del medio ambiente y según los decretos 2222 de 1993 y 685 del código de minas 2001.

4.4. ZONIFICACIÓN DEL TERRITORIO Y METODOLOGÍA GENERAL DE LA VALORACIÓN.

Para el sector de estudio se determinaron tres unidades territoriales, las cuales se denominaron como los tres minerales en explotación para realizar un estudio más generalizado de las áreas de explotación minera.

Los componentes a evaluar por su impacto o aptitud son los siguientes: recursos, Explotabilidad, factibilidad ambiental y comercialización. Los subcomponentes de recursos son: cantidad, calidad, potencialidad, estructuras, homogeneidad; los de Explotabilidad son: descapote, estabilidad, topografía; los de factibilidad ambiental son: concentración de explotación, conflicto de usos del suelo; y los de comercialización son: infraestructura y ubicación respecto a la demanda. Los componentes y subcomponentes mencionados anteriormente se desagregan según el grado de importancia relativa de su significado para la posterior

valoración. La valoración se efectúa en una escala jerárquica similar para todos los componentes de cualquier nivel de desagregación. Los valores expresados son cuantitativos, por lo que son comparables, siendo la escala de la amplitud de 0 a 5, en la cual 0 es el valor mínimo (poca aptitud) y 5 el valor máximo. Y la escala del impacto va de -5 a 5, en el cual -5 es el valor máximo de impacto negativo y 5, el valor máximo del impacto positivo. Además de asignar a los componentes un valor, se les asigna un coeficiente de ponderación, para cuantificar su importancia relativa con respecto a los otros componentes. Dichos coeficientes que deben ser definidos por consenso entre los diferentes actores involucrados en la solución de la problemática, estos varían de 0 a 1 y la suma de los coeficientes de variables desagregadas debe ser 1.

4.4.1. Zonificación de las áreas protegidas. En el sur del municipio de Paipa se encuentran varias zonas protegidas y excluidas de la minería, en el siguiente cuadro se puede apreciar esta zonificación, respecto a las normas vigentes.

Cuadro 16. Zonas protegidas.

ZONAS		CATEGORIAS
Zonas Excluidas (art. 34 código de minas)		Áreas del sistema de Parques Nacionales Naturales (Manoa parque)
		Parque natural Regional
		Reserva Forestal
Zonas Restringidas	Zonas Restringidas (art. 35 código de minas)	Monumento a los lanceros, casa de las 6 ventanas, cerro de Bolívar
		Piscinas termo minerales, la playa y olitas
		<i>Paramos y zonas de bosques, venta del llano</i>
		<i>Escuelas</i>
		<i>Paramos y zonas de bosques(cruz de Murcia)</i>
		Áreas ocupadas por construcciones rurales: huertas, jardines y solares
	Ecosistemas Especiales (Legislación ambiental)	Áreas protegidas regionales
		Áreas protegidas privadas
		Zonas de interés ecológico nacional
		Yacimientos de quebradas(Agua tibia, Quebradahonda grande, acueducto las pilas(venta del llano)

Fuente. Resultados del estudio.

4.5 APTITUD.

Se entiende como la potencialidad de la zona para la explotación del recurso mineral. Para valorarla, se basa en las zonas a recuperar que son afectadas por la actividad minera en la zona de estudio. Y en el manejo coherente que se debe realizar según las condiciones del terreno. De los componentes de la aptitud consideramos que el más importante es el recurso ya que es un factor que no se puede modificar porque se refiere a la cantidad de material existente, a la calidad de este, a la potencialidad, a la estructura de las rocas y a la homogeneidad²⁴. Por ello se le asigna un factor de 0.4. El segundo componente en importancia es la factibilidad ambiental. Debido a que dentro de la zona de estudio se encuentran patrimonios culturales y reserva forestal en un área considerable por eso se le asignó un coeficiente de 0.3.

Asignamos un coeficiente a la Explotabilidad de 0,20 y a la comercialización de 0,10 porque el peso de estos valores puede cambiar o variar, el primero respecto al método de explotación, producción, etc. y en el caso de la comercialización respecto a la oferta y demanda del mineral explotado²⁵.

Los componentes de la aptitud a su vez se dividen en subcomponentes:

Recurso(R). Se evaluó en función de cinco (5) parámetros: cantidad (Cn), calidad (CI), potencialidad (Po), estructuras (Es), homogeneidad (Ho). La calificación se estableció sobre la base de la información existente respecto a la cartografía e investigaciones y observaciones de campo realizadas en el proyecto, asignando un valor máximo de 5 para indicar las condiciones más favorables y un mínimo de uno para las que no lo son.

Cantidad (Cn). Son las reservas inferidas para los diferentes minerales, se asignó un valor de 5 para la zona de puzolana, ya que aunque no se tenga el cálculo de reservas en área de concesión es la que más material alberga. A los materiales de construcción se les dio un valor de 4 y al mineral de hierro 3, ya que es el que menor área de explotación tiene.

Calidad (CI). Son las características geomecánicas y geoquímicas, composición mineralógica y petrográfica, textura, matriz, selección, tamaño de grano, índices metalúrgicos, espesor etc. Una zona presenta condiciones más favorables que otra para la explotación de un determinado mineral, se asignó para el mineral de hierro 4,5, para los materiales de construcción 3,5 y 4 para la puzolana.

²⁴ CENDRERO, A. Planificación ambiental y ordenación de usos del territorio. En IGME: Geología ambiental. Publicaciones del IGME, Madrid, pp. 25-32. 1988.

²⁵ TORRES Jorge y ROA Edgar. El Componente Minero en los Planes de Ordenamiento Territorial, Bogotá, 2003.

Potencialidad (Po). Hace referencia a la probabilidad de la explotación en el área a evaluar, se les dio un valor de 4, 3 y 4,5 respectivamente.

Estructuras(Es). Este parámetro hace referencia a la complejidad estructural del área de estudio, entre menos complejidad estructural tenga una zona, mayor será el valor asignado a la misma. Se les dio un valor de 5, 5 y 4 respectivamente.

Homogeneidad (Ho). Indica las variaciones horizontales y verticales de las características de la unidad litológica (diques, estratigrafía), de las diferentes zonas, composición, textura, matriz, selección, tamaño de grano, espesor de la unidad.

Se les asigno valores de 4,3 y 5 respectivamente.

El peso o coeficiente de las variables antes expuestas en el componente recurso, con una valoración comparativa se plantea así:

Cantidad y calidad 0,50; potencialidad 0,20; estructuras y homogeneidad 0.30.

Explotabilidad (Ex). Se refiere a las dificultades técnicas que presenta una zona para la explotación del recurso existente en ella. Para ello se evaluó descapote (De), estabilidad (Et), topografía (To).

Descapote (De). Hace referencia a la cantidad de materia orgánica y estéril que hay que remover para alcanzar los niveles explotables del material. Entre menor sea el espesor de capa a remover, se considera como una zona mejor para explotar, y se asigna un valor de 5 al mayor. Se dieron valores de 5, 3,5 y 5 respectivamente.

Estabilidad (Et). Dependiendo del método de explotación, se pueden presentar inconvenientes con la estabilidad del terreno (terraceo, cantera), o con el nivel freático y drenajes. Entre menor sea ese tipo de problema, mejor es la zona; se asignaron valores de 5, 3, 5 y 5 respectivamente, según la geomorfología y tipo de rocas.

Topografía (To). Se refiere a la pendiente que representa el terreno, y que unida a sus características estructurales puede causar dificultades según el método de explotación utilizado. Mientras menores sean estas dificultades, mejor se considera la zona. Se asignaron los siguientes valores 5, 5 y 4,5 respectivamente.

El peso o coeficiente de las variables antes expuestas en el componente Explotabilidad, con una valoración comparativa se plantea así: 0,40 para topografía 0,40 para estabilidad y 0,20 para descapote.

Factibilidad ambiental (Pm). Se refiere a la posibilidad de desarrollar una actividad minera organizada en la zona y se considera como la combinación entre la concentración de explotación (Ce) y los conflictos de usos del suelo (Us).

Concentración de explotación (Ce). Se trata de establecer la importancia de una zona bajo el criterio de que mientras menos intervenida este por otras explotaciones o asentamientos humanos, más fácil será el planeamiento minero y mejor será el aprovechamiento del depósito. Mientras más factible sea la explotación en la zona, mayor será el valor que se le otorga. Se asignaron valores de 3,5, 3 y 3,5 respectivamente para la zona de estudio.

Conflicto usos del suelo (Us). Evalúa si se ha determinado a la zona un uso especial diferente de la minería. Según el plan de ordenamiento territorial debería definirse la zona de actividad minera; para ello se basó en el diagnóstico de la propuesta realizada por los autores .entre menos sean los conflictos del uso de suelos mayor será el valor de la zona. Se asignaron los valores de 2, 2 y 2, respectivamente porque se presentan varios problemas con la comunidad por la extracción minera en esta zona.

El peso o coeficiente de las variables antes expuestas en el componente factibilidad ambiental, con una valoración comparativa se plantea así:

Concentración de la explotación; 0,6 y conflicto usos del suelo 0,4

Comercialización (Cm). Se refiere a la importancia que tiene una zona para el suministro de materiales, que está determinado por la infraestructura (In) y la ubicación con respecto a la demanda (Ud).

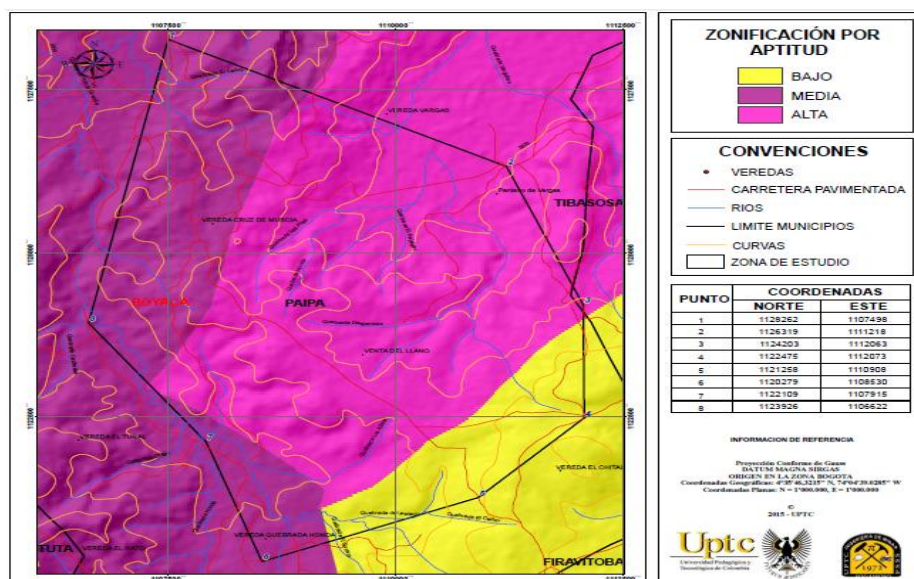
Infraestructura (In). Mide el grado de infraestructura y servicios que soporten y posibiliten el desarrollo de una zona. Entre mayor y mejor sea este cubrimiento, mejor valoración presenta la zona.se les asigno un valor de 3,5. 3,5 y 3,5 respectivamente.

Ubicación con respecto a la demanda (Ud). Mide la distancia a los centros de consumo y la forma de transporte, según las obras que se van a realizar en la zona. Los materiales de construcción presenta mayor facilidad en cuanto infraestructura vial, ya que la carretera es totalmente pavimentada y acondicionada para el transporte del material hasta el centro de consumo, por lo tanto se le dio un valor de 4,5 al mineral de hierro se le dio un valor de 3 y para la puzolana de 3,5, puesto que es más complicado el traslado del mineral a los acopios y centros de consumo²⁶.

²⁶ BARETTINO, D., MARTÍNEZ-PLÉDEL, B., ARRANZ, J. C. y ALBERRUCHE, E. . Las bases para la integración de los recursos minerales en la ordenación del territorio, Guayaquil, Ecuador; pp. 139-152.2003

El peso o coeficiente de las variables antes expuestas en el componente comercialización, con una valoración comparativa se plantea así: Infraestructura 0.60 y ubicación con respecto a la demanda 0,40. La valoración de estos conceptos se efectuó teniendo como base el criterio de los autores que visitaron las distintas zonas y las mesas de participación comunitaria. De la discusión de esos actores se sacó el promedio final sobre las valorizaciones y agentes participativos, obteniendo la matriz de aptitud.

Figura 7. Mapa de aptitud.



Fuente. Resultados del estudio.

4.6 IMPACTO.

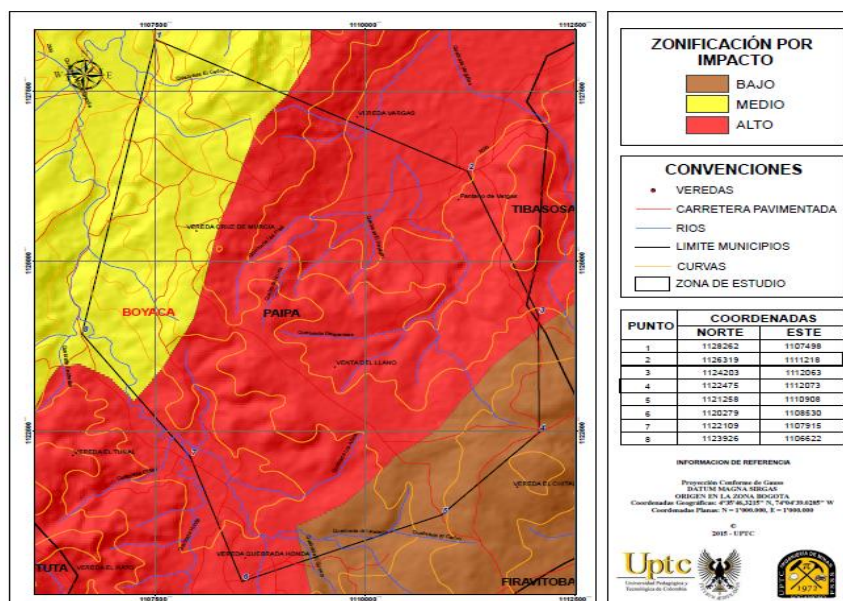
Como impacto en el modelo impacto-aptitud se asume la fragilidad o vulnerabilidad del territorio al desarrollo de la actividad minera con respecto a variables físicas, antrópicas y bióticas. Para este estudio, se valoró el impacto ambiental existente en las zonas como el efecto causado por la minería. Este efecto puede disminuir en varias zonas, los componentes del impacto se valoraron sobre la base de las observaciones de campo realizadas durante el proyecto y de la información recopilada.

La asignación de los coeficientes que afectan los componentes está dada con el fin de medir la importancia comparativa que tiene el componente respecto a los demás. De los componentes del impacto, el componente físico es considerado como el más importante porque se impacta directamente con la actividad minera y porque sobre este componente se efectúan todas las etapas de explotación y beneficio, por ello se le da un valor de 0,50. A los componentes antrópicos y bióticos se les asignó un valor de 0,25 a cada uno, debido a que estos factores

afectan a los seres vivos y tienen el mismo peso en la decisión de impacto. La valoración se efectuó asignando un valor máximo de 5 para indicar el mayor impacto positivo y un mínimo de -5 para las zonas que presenten mayor impacto negativo en cada componente. (Ver cuadro 17)

4.6.1. Aplicación de modelo impacto-aptitud. El modelo impacto-aptitud consiste en confrontar, por medio de una matriz el potencial de una zona para la explotación minera con la vulnerabilidad de esta ante dicha actividad determinando la capacidad de acogida de la actividad minera en la zona.

Figura 8. Mapa de impacto.



Fuente. Resultados del estudio.

4.7. CAPACIDAD DE ACOGIDA.

Define el grado de compatibilidad/incompatibilidad del territorio y de sus recursos naturales con la actividad minera, expresando en unidades territoriales que se constituyen en las representaciones de los elementos y procesos del territorio en términos comprensibles y sobre todo en términos operativos.

En este sentido, las unidades de integración son una manera racional de hacer operativa la información trasponiéndola a una forma fácilmente aplicable²⁷.

²⁷ HILDENBRAND Andreas. Política de Ordenación del Territorio en Europa, Sevilla, 1996.

Figura 9. Mapa de capacidad de acogida



Figura 10. Mapa de ordenamiento minero



Cuadro 17. Valoración del medio, aptitud e impacto.

zona a evaluar	Recurso					Explotabilidad			Factibilidad ambiental		Comercialización		aptitud
	0,4					0,2			0,3		0,1		
	Cantidad	calidad	Potencialidad	estructuras	Homogeneidad	descapote	Estabilidad	topografía	Concentración de explotación	conflicto uso del suelo	infraestructura	ubicación con respecto a la demanda	
	0,25	0,25	0,2	0,15	0,15	0,2	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	
explotación de hierro	3	4,5	4	5	4	5	3,8	5	3,5	2	3,5	3	3,93
explotación de m.c	4	3,5	3	5	3	3,5	5	5	3	2	3,5	4,5	3,68
explotación de puzolana	5	4	4,5	4	5	5	4,5	4,5	3,5	2	3,5	3,5	4,13
zona a evaluar	Físico						Antrópico		biótico		Impacto		
	0,5						0,25		0,25				
	Atmosférico	agua	Suelo	topográfico	paisajístico		social	económico	fauna	flora			
	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1		0,6	0,4	0,5	0,5			
explotación de hierro	-3	-3	-3	-4	-4		2	3	-2	-2	-1,77		
explotación de m.c	-2	-1	-2	-3	-4,5		4	3	-3	-4	-1,38		
explotación de puzolana	-4	-5	-4	-2	-4		4	3	-4	-4	-2,22		

Fuente. Resultados del estudio.

Cuadro18. Clases de capacidad de acogida y categoría del modelo impacto-aptitud.

				Aptitud				
				Calificación				
				(1-1,9)	(2-2,9)	(3-3,9)	(4-4,5)	(4,5-5)
				muy baja	Baja	media	Alta	muy alta
impacto	calificación	(0,5)-(-0,2)	muy bajo	5	3	2	1	1
		(-0,3)-(-1,0)	Bajo	5	3	2	1	1
		(-1,1)-(-0,7)	Medio	6	4	2	2	2
		(-1,8)-(-2,5)	Alto	6	6	4	3	3
		(-2,6)-(-3,5)	muy alto	6	6	6	5	5

Clase	tipo de capacidad	Observaciones
1	acogida muy alta	localización idónea uso vocacional
2	acogida alta	localización aceptable uso compatible
3	acogida media alta	localización posible con baja aptitud uso compatible
4	acogida media baja	localización posible con alto impacto uso compatible con limitaciones
5	acogida baja	localización no admisible uso incompatible
6	acogida excluyente muy alta	localización inaceptable uso excluido

Fuente. Resultados del estudio.

Cuadro 19. Capacidad de acogida para las explotaciones.

Zona	Aptitud	Impacto	capacidad de acogida
explotación de hierro	3,94	-1,78	Clase 2
explotación de m.d.c.	3,68	-1,39	Clase 2
explotación de puzolana	3,14	-2,22	Clase 4

Fuente. Resultados del estudio.

5. PLAN DIRECTOR MINERO AMBIENTAL

Se realiza un plan director minero ambiental, cuando las explotaciones mineras han venido afectando y generando impactos sobre los medios descritos anteriormente. Los objetivos de dicho plan son corregir y minimizar los problemas técnicos y ambientales existentes, consiguiendo una mayor racionalización y planificación de las explotaciones mediante la realización de proyectos globales de infraestructuras comunes para las áreas con concentración de explotaciones activas, y proyectos conjuntos de explotación y restauración. En el plan se aplican los criterios y modelos de explotación y restauración desarrollados en el estudio sobre las zonas óptimas para la implantación de la actividad extractiva, según el mapa de ordenamiento minero-ambiental. Las políticas a implementar son la prevención antes y durante el desarrollo del proyecto minero, la restauración del terreno que consiste básicamente en devolverle en lo posible su aspecto original y la remediación que intentará solucionar los problemas de mayor impacto que son incorregibles con la restauración²⁸.

La restauración integrada en el proyecto minero. Los titulares mineros de las explotaciones deben asumir la obligación de realizar con sus medios económicos el plan de restauración incluyéndolo en el plan de trabajos y obras. Además periódicamente se debe presentar ante la administración un informe dando rendición del proceso y aceptación del mismo.

Siempre que sea posible, la restauración debe realizarse integrándola en el proyecto de explotación como un elemento más de ese proceso. De este modo es posible recuperar las zonas degradadas por las actividades extractivas, al mismo tiempo que se llevan a cabo las actividades extractivas, minimizando el impacto ambiental y los costos económicos de la restauración.

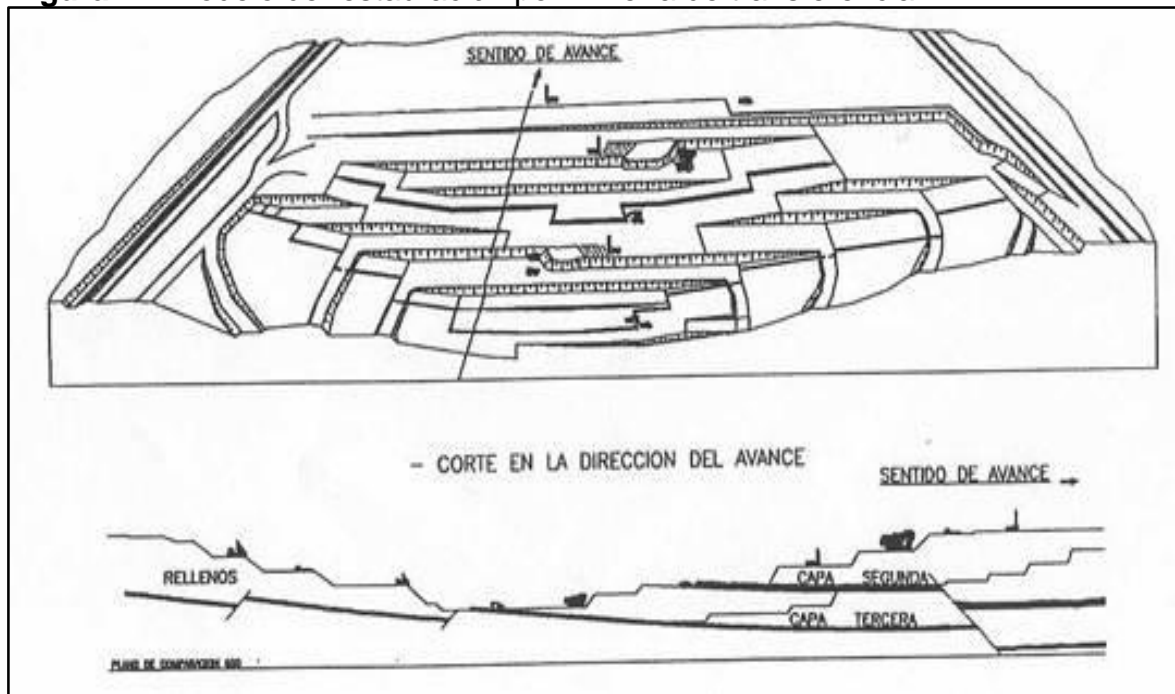
A la hora de restaurar un terreno se tienen en cuenta dos aspectos importantes, la cavidad o hueco que deja la explotación y las balsas o escombreras, sin embargo se pueden rellenar las cavidades desmantelando las escombreras y utilizándolas para la labor de relleno.

Actualmente se considera como un proceso muy conveniente la minería de transferencia, en la que al irse completando la explotación en la zona del yacimiento se va recuperando simultáneamente la explotación mediante los materiales que se extraen en otra zona del mismo. El cual sería un modelo aplicable a todas las explotaciones a cielo abierto del municipio de Paipa, si las condiciones topográficas y geomecánicas lo permiten.

²⁸ MARTÍNEZ-PLÉDEL et al, 2002; Martínez-Plédel et al, 2006.

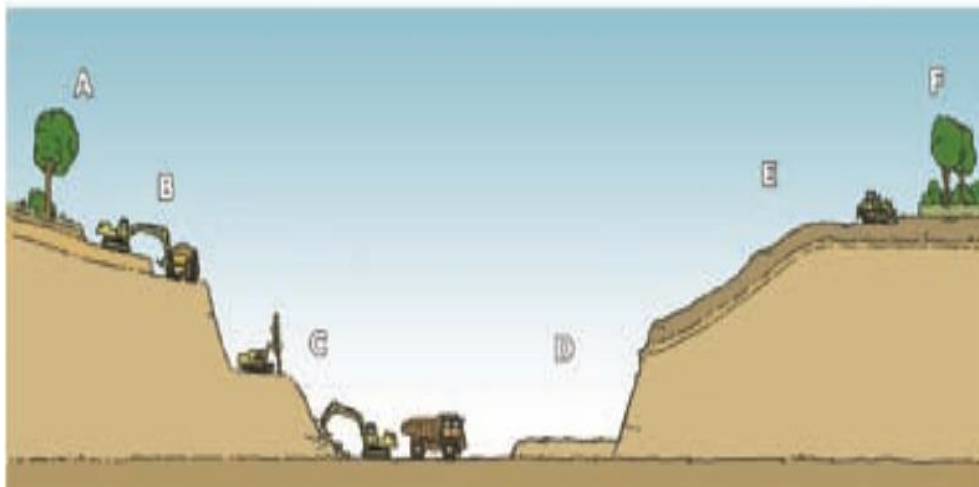
5.1 RESTAURACIÓN DE LA CAVIDAD DE EXPLOTACIÓN

Figura 11. Modelo de restauración por minería de transferencia



Fuente. ONTARIO REGULATION 240/00: Mine Development and Closure under Part VII of the Mining A. 2013.

Figura 12. Restauración de escombreras por minería de transferencia en bancos descendentes.



Fuente. Australia EPA "Best Practice Environmental Management and Mining: Tailings Containment.", 1995.

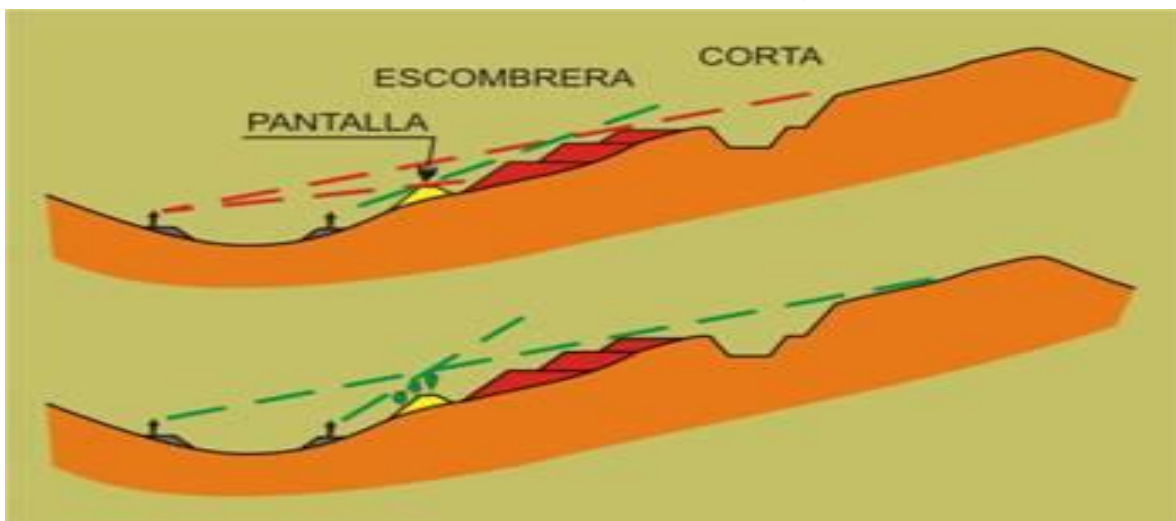
Las escombreras tienen su principal problemática en el diseño inicial. Cuando éste es adecuado, se procura evitar su impacto visual, ya sea por localización, o por integración paisajística. Los criterios de localización serán los que eviten que la escombrera sea vista desde las zonas pobladas o de tránsito, y solo será posible si la zona tiene una cierta orografía. Los de integración paisajística a menudo requieren también topografía abrupta, puesto que en zonas llanas pretender la integración supone aplanar mucho la escombrera, afectando a una extensión de área mucho mayor.

Desde el punto de vista medioambiental, la escombrera minera debe quedar integrada en la medida de lo posible en el paisaje.

5.2. INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA.

Ocultación o disimulación de la escombrera. Consiste en evitar la visión de la misma desde los puntos o áreas más significativos, como pueden ser poblaciones, carreteras, etc. Para ello puede aprovecharse la naturaleza del terreno, valles, relieve, etc., o pueden construirse pantallas o barreras, ya sean de vegetación o de materiales de acopio: normalmente esta posibilidad se aplica en el diseño de escombreras nuevas, puesto que en escombreras ya existentes y de cierto tamaño puede ser mucho más costoso de llevar a cabo, por lo que implica su traslado. Este modelo aplica a la zona de estudio puesto que el impactico paisajístico es uno de los más importantes a corregir

Figura 13. Disimulación de escombrera mediante una pantalla de tierra (arriba) y mediante una combinación de pantalla de tierra y de vegetación (abajo).



Fuente. Environment Australia, "Overview of Best Practice Environmental Management in Mining, 2002.

Remodelado de escombreras. Se aplica en escombreras antiguas que producen un importante impacto visual. Algunas reglas visuales al respecto son las siguientes:

-El ojo percibe más las dimensiones verticales que las horizontales, por lo que impactará menos una masa alargada y de poca altura que otra estrecha y alta.

-La distribución del material sobre una ladera en pendiente hace que en la parte más alejada del espectador se aprecie una menor masa aparente.

-Se debe evitar que la altura de la escombrera sobrepase la cota altitudinal del entorno, para que así no destaque en la línea del horizonte.

-Las líneas curvas sobre superficies suaves producen una intrusión visual menor que las líneas y cortes rectos sobre superficies planas, las cuales no hacen sino acentuar formas y volúmenes.

-En terrenos abruptos el efecto visual disminuye si las escombreras se apoyan en laderas, y si se reproducen en lo posible las pendientes, formas y líneas naturales del terreno.

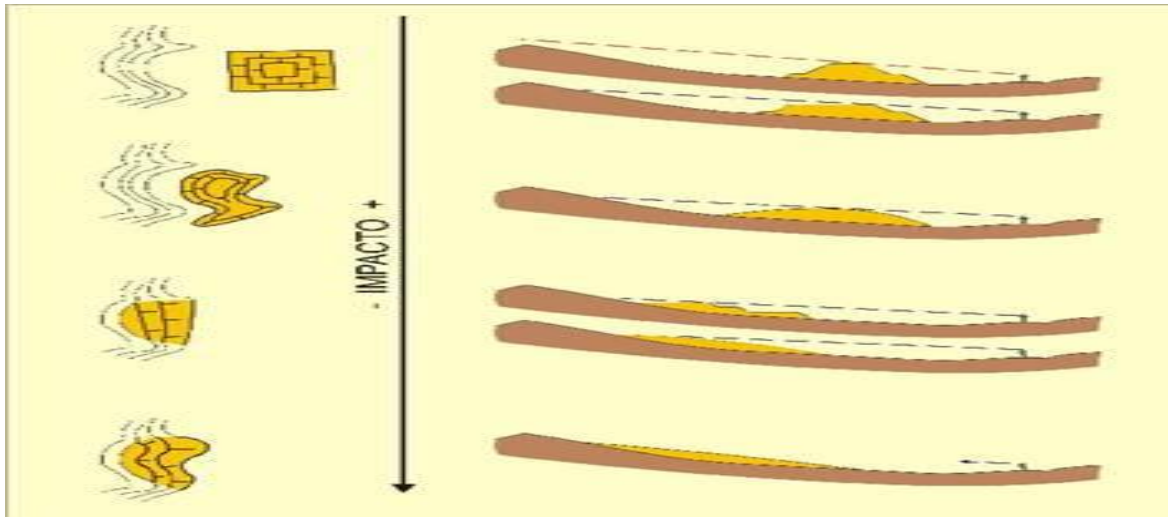
-Las litologías con colores fuertes y llamativos (por ejemplo, intensos recubrimientos con limonitas) intensifican y agravan las sensaciones ópticas de los observadores, al contrastar con el colorido suave y vistosidad natural de los suelos y vegetación.

Por lo tanto, resulta fundamental identificar los rasgos característicos del entorno, de forma que la integración sea lo más positiva posible, tanto en el caso de la disimulación como del remodelado. Todo esto, con el fin de reproducir la forma natural de las estructuras geomorfológicas para alcanzar la máxima integración²⁹.

Una de las actuaciones más frecuentes en el modelado de escombreras es la reducción de su altura, que como ya se ha mencionado, es uno de los caracteres de mayor impacto. Eso implica siempre un aumento de la superficie afectada, por lo que la remodelación debe llevarse a cabo retirando previamente la tierra vegetal del área a afectar, que se extenderá sobre el conjunto resultante al término del proceso

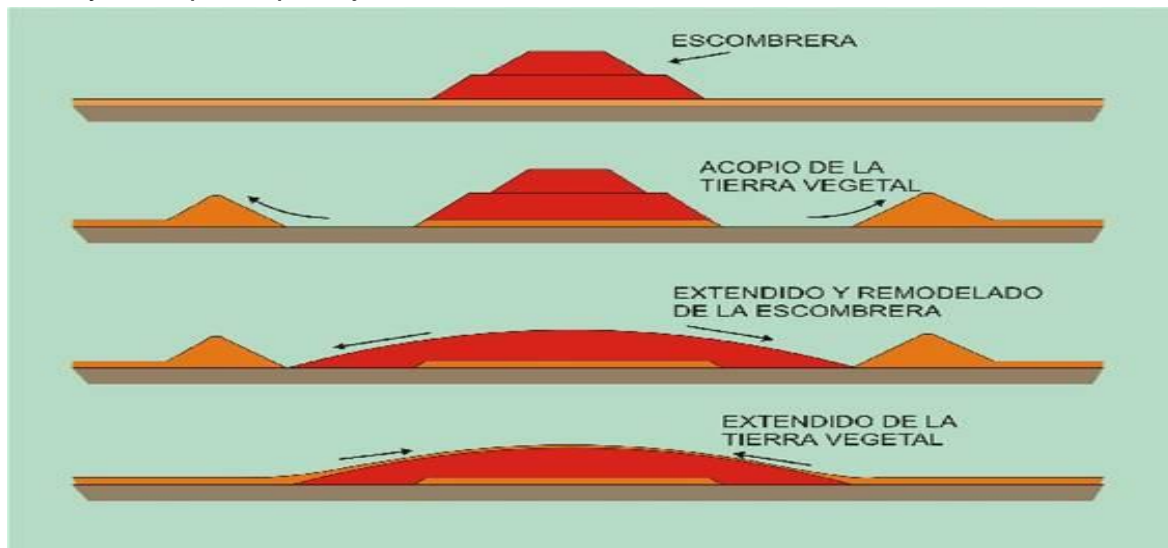
²⁹ Grupo del Banco Mundial, División de Petróleo, Gas y Minería “Guidance Notes for the Implementation of Financial Surety for Mine Closure”, 2008

Figura 14. Posibilidades de remodelación de escombreras.



Fuente. Instituto Internacional sobre Desarrollo Sostenible, 2012.

Figura 15. Remodelado de escombrera mediante su extensión, para reducir su altura y su impacto paisajístico.



Fuente. Agencia para la Protección del Ambiente de los EEUU (EPA) "Consideration of Cumulative, 1999.

Las terrazas o bermas de gran anchura en la escombrera producen el máximo efecto visual negativo, por lo que desde el punto de vista estético hay que procurar evitarlas. No obstante, como suelen ser necesarias, tanto por condicionantes "constructivos" como por otros imperativos de control de la erosión, estabilidad y

accesibilidad a diferentes áreas, se recomienda seguir los siguientes criterios básicos:

- Ser lo más estrechas posible, para permitir el paso de vehículos auxiliares, y equipos de hidrosiembra cuando la altura es grande.
- Tener los bordes redondeados.
- No ser equidistantes o totalmente paralelas.
- Hacer que las bermas desaparezcan gradualmente, para evitar que atraviesen toda la superficie de la escombrera.
- En definitiva, es necesario evitar las formas troncocónicas, evitar aristas y superficies planas que denotan artificialidad, y redondear taludes en planta y alzado para conseguir una apariencia lo más natural posible.

Otro problema importante en la restauración de escombreras es su estabilidad geomecánica. Algunas son muy estables, mientras que otras presentan varios tipos de problemas y tienden a derrumbarse total o parcialmente. Tres son los factores que influyen en ello:

- El diseño de la escombrera, y por tanto, la altura e inclinación de taludes. La litología y granulometría del material acumulado.
- La climatología, sobre todo la posibilidad de que la escombrera acumule agua.
- También puede ser importante en algunos casos la estabilidad sísmica del área³⁰.

5.3. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES PARA LAS OPERACIONES DE RESTAURACIÓN.

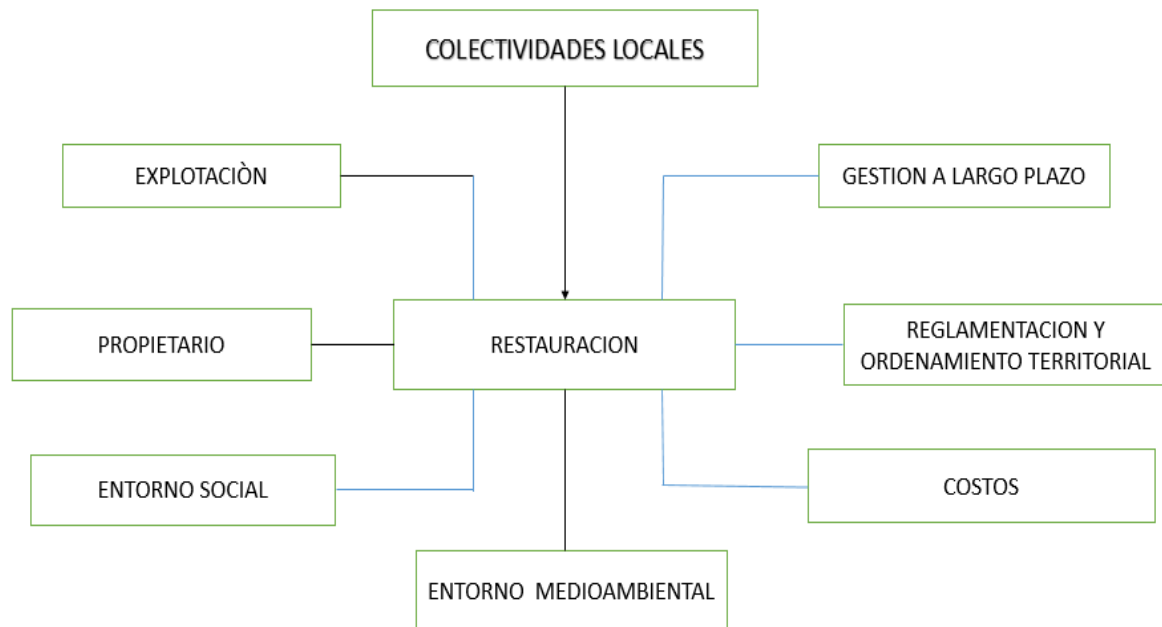
- Trabajo y desplazamientos de maquinaria móvil.
- Voladuras necesarias para la conformación de los frentes y para la demolición de las estructuras; en el caso de la zona de estudio no aplica puesto que no ha sido necesaria la voladura para la extracción de los minerales, sin embargo en las licencias otorgadas para los títulos mineros que aún no han iniciado labores de explotación, puede considerarse.

³⁰ MAVDT. Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana, Bogotá, 2002.

- Generación de residuos de distintos tipos (filtros, aceites usados, embalajes, restos de vegetación etc.)
- Utilización de material estéril adecuado no procedente de la propia explotación.
- Naturaleza del trabajo que afecta al paisaje y a la biodiversidad de forma negativa en las etapas iniciales, para luego tener un efecto positivo sobre estos factores.
- Emisiones atmosféricas, ruido vibraciones, residuos y contaminación de suelos.

Cabe añadir que cada tipo de restauración es totalmente distinta, así se aplique al mismo mineral , pues las condiciones geomorfológicas, topográficas, geológicas y de reservas varían de un título a otro, tal vez sea esta una de las razones por las cuales no se aplica esta práctica en la minería informal a nivel municipal, regional y nacional. A continuación se observa el cuadro de los diferentes factores que influyen en el tipo de restauración.

Cuadro 20. Factores que influyen en el tipo de restauración.



Fuente. Instituto Tecnológico Geominero de España. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, Madrid, 1989.

A la hora de restaurar una cantera o terraza, se debe tener en cuenta, desde el primer momento, el uso que se le va a dar a los terrenos una vez finalizadas las operaciones de extracción. Para determinar el uso final, como ya se ha dicho habrá que adaptarse a las limitaciones y potencialidades, entorno social, paisajístico y ecológico del terreno así como los condicionantes técnicos y económicos de la explotación minera, entre otros.

En el caso de la zona de estudio la mayoría de explotaciones a tajo abierto se realizan por bancos descendentes, por lo tanto los usos que son más adecuados, después de restaurar el terreno son los siguientes:

Agrícola, forestal, industrial y como reserva siempre y cuando se realice relleno.

Según la información obtenida los suelos existentes en la zona, las actividades anteriores son aplicables a los suelos donde se encuentran los tres minerales.

5.4. RESTAURACIÓN AL MEDIO FÍSICO.

Los problemas al medio físico que se deben restaurar según los estudios realizados en la zona son los siguientes:

5.4.1 Restructuración de la capa vegetal. Debe llevarse a cabo una restauración del área afectada por la actividad extractiva realizando una restitución de una topografía naturalizada que elimine en lo posible las formas excesivamente geométricas y las aristas vivas, confiriendo a las laderas una pendiente y un modelado adecuados para recuperar un aspecto fisiográfico concordante con el de su uso natural. Por ello, se recomienda adoptar perfiles irregulares y redondeados, en las transiciones con otras superficies.

A efectos de favorecer la revegetación y prevenir la aparición de trincheras, cuando sea técnicamente viable, los taludes máximos resultantes serán preferiblemente inferiores a pendientes 3:2 o con el fin de facilitar la restauración vegetal de los taludes resultantes y evitar la aparición de fenómenos erosivos. En ocasiones, se pueden diseñar taludes más inclinados si fueran mayores los impactos ambientales producidos por la mayor ocupación de suelo ocasionada por taludes más tendidos.

En el caso de ser una pendiente mayor a la anteriormente indicada, deberá venir avalado por un estudio geotécnico.

Cuando se prevean desniveles finales elevados entre el terreno natural y la plaza de cantera, se debería suavizar el talud resultante mediante la creación de varias terrazas o bermas que faciliten la restauración vegetal y prevengan los citados

fenómenos erosivos, sin olvidar que el relieve definitivo de la explotación, una vez abandonada, debe integrarse con el entorno que le rodea³¹.

5.4.2 Modelado de las bermas y suavización de pendientes. La remodelación de los frentes permite dotarlos de un aspecto más natural y pendientes más tendidas, suavizando las formas y, en su caso, modificando su altura. En frentes formados por materiales blandos, los cuales son de la zona de estudio, se procede al remodelado mediante maquinaria apropiada (bulldozer, pala cargadora, etc.) de características tales que pueda alcanzar todos los frentes para actuar sobre ellos.

5.4.3 Medidas para corregir la escasez de agua. En lugares con escasez de precipitaciones, es una buena práctica adoptar medidas encaminadas a aprovechar el agua de escorrentía mediante: Recogida y almacenamiento del agua en balsas, diques, charcos, aljibes, etc.

5.4.4 Cubrimiento con caliza para corregir la acidez del suelo. En los botaderos o escombreras de las canteras y explotaciones de rocas ácidas; en nuestro caso los tres minerales de la zona de estudio producen efectos ácidos sobre el suelo, según los resultados de los laboratorios y demás formaciones que están constituidas por rocas arcillosas sedimentarias, granitos, cuarcitas, etc., presentan una baja capacidad de retención de agua y nutrientes así como una baja proporción de elementos finos y materia orgánica, lo que dificulta el establecimiento de la cobertura vegetal.

La técnica más habitual para ajustar un pH ácido consiste en añadir cal viva (CaO), carbonato cálcico (CaCO₃), dolomía (Carbonato cálcico-magnésico) o restos de cenizas, escombros o productos de construcción, siempre que estos materiales no resulten excesivamente costosos.

La cobertura de caliza debe incorporarse a unos 15 cm de profundidad, antes de extender la tierra vegetal, el abono, los fertilizantes, etc. La cal, además de ajustar el pH, proporciona las siguientes mejoras:

- Aumenta la disponibilidad de nutrientes y eficacia de los fertilizantes.
- Aumenta la cantidad de calcio y nitrógeno en el suelo.
- Favorece la descomposición de la materia orgánica³².

³¹ INSTITUTO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO, "Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development: Chapter 9, 2002.

³² MAVDT. Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana, Bogotá, 2002.

6. COSTOS E INVERSIÓN DEL PROYECTO

Cuadro 21. Costos.

ITEM	DESCRIPCIÓN			SUBTOTAL	TOTAL
PERSONAL	# DE PERSONAS	VALOR POR MES	TIEMPO EN MESES		
INVESTIGADORES	2	800000	5	4000000	10500000
AUXILIAR DE CAMPO	1	500000	5	2500000	
MATERIAL DE CAMPO					
FOTOS		2000	5	10000	25000
VIDEOS		3000	5	15000	
SALIDAS					
SALIDAS DE CAMPO	3	500000	5	2500000	2500000
MATERIAL DE OFICINA					
PAPELERIA		100000	5	500000	6400000
TOPOGRAFIA	3	600000	5	3000000	
PLANOS		1500000	5	1500000	
LABORATORIOS DE AGUAS Y SUELOS		300000	2	300000	
TRABAJOS CON EL SOFTWARE ARC-GIS 9.3		600000	2	600000	
MATERIALES Y LOGÍSTICA PARA TALLERES DE SOCIALIZACIÓN		300000	1	300000	
FOTOCOPIAS		20000	5	100000	
3LIBROS		600000	5	600000	
VARIOS E IMPREVISTOS		150000	5	750000	750000
IMPLEMENTACION DEL PROYECTO	2	1000000	5	5000000	10000000
TOTAL					30675000

Fuente. Resultado estudio.

Cuadro 22. Financiación.

APORTES	PORCENTAJES	VALOR
Autores	50%	15´375.000
Empresa	50%	15´375.000
TOTAL	100%	30´750.000

Fuente. Resultado estudio.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a la información y cartografía básica suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el municipio de Paipa se elaboró el presente proyecto.

Con la elaboración del proyecto se pudieron tener resultados objetivos, los cuales serán demostrados a los titulares mineros y a la comunidad del sur de Paipa para llegar a un acuerdo en cuanto al rechazo y objeción total a la actividad minera en el sector. Contando con el apoyo de las autoridades municipales se implementará el plan de ordenamiento minero que contribuirá al desarrollo sostenible de la zona de estudio.

Los análisis de laboratorio realizados a los suelos y aguas pertenecientes a la zona de estudio, proporcionaron la información para aplicarlos en la metodología del ordenamiento minero y a la vez poder sugerir medidas correctivas en donde los resultados fueron negativos, para así poder contribuir con el desarrollo minero del sector y mantener la armonía con la comunidad del sur del municipio de Paipa.

El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) y del software Arcgis permitió el desarrollo del objetivo en materia de zonificación y ordenamiento minero ambiental resaltando su importancia en la minería como herramienta de gran apoyo para el cumplimiento del proyecto como tal.

La investigación sobre el estado actual de los títulos mineros en la zona de estudio permite de manera integral, realizar un estudio exhaustivo en cuanto a la localización de las mismas, el área a explotar y los problemas de ordenamiento que puedan generar.

La elaboración del plan director minero, recoge totalmente la importancia del manejo ambiental y de la restauración de los terrenos afectados por la actividad extractiva de minerales no energéticos en la zona de estudio, por tal razón debe ser adoptado y seguido tanto por los titulares mineros como por la administración municipal, afirmando compromisos y poder obtener la minería responsable mejorando las relaciones con la comunidad del sur del municipio de Paipa.

RECOMENDACIONES.

La recomendación principal y más importante es realizar la cuantificación de las reservas de los recursos minerales presentes en la zona de estudio, mineral de hierro, materiales de construcción y puzolana ya que no se encuentra información detallada en ninguna institución, ni a manos de los titulares mineros la cual dificulta los estudios concernientes a la minería superficial en el municipio de Paipa.

Realizar levantamientos topográficos y geológicos detallados de la zona para tener una mayor certeza de la información.

Implementar la práctica y manejo de las herramientas de información geográfica en la oficina de planeación del municipio de Paipa ya que no cuenta con el software ni con el personal especializado en el tema; especialmente para el ordenamiento del sector rural, de igual manera actualizar el plan de ordenamiento territorial.

Por parte de las autoridades encargadas del seguimiento y control a las actividades mineras, tener más compromiso a lo que implica la actividad minera a tajo abierto en el municipio de Paipa.

Realizar trabajos de capacitación con las comunidades atendiendo sus quejas, reclamos y propuestas para crear una cultura en la que se pueda convivir con la minería y así poder defender este tipo de actividad demostrando con hechos que es posible la minería responsable y el desarrollo sostenible en el municipio de Paipa.

Implementar el plan de ordenamiento minero ambiental de la zona.

BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFÍA

AGENCIA PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE DE LOS EEUU (EPA)
“Consideration of Cumulative, 1999.

ARAQUE. Estudio de recursos hídricos del municipio de Paipa, 1999.

ARRANZ GONZÁLEZ Julio César.IGME. Planes de ordenación minero-ambientales. 2005.

AUSTRALIA EPA. “Best Practice Environmental Management and Mining: Tailings Containment.” 1995.

BARETTINO, D., MARTÍNEZ-PLÉDEL, B., ARRANZ, J. C. y ALBERRUCHE, E. .
Las bases para la integración de los recursos minerales en la ordenación del territorio, Guayaquil, Ecuador; pp. 139-152.2003.

BARETTINO Y MARTÍNEZ-PLÉDEL et al 1994 Y 2006.

BISHOP, Análisis de estabilidad en taludes.1955.

CAROZZI. Estudios sobre el mineral de Hierro.1993.

CENDRERO, A. Planificación ambiental y ordenación de usos del territorio. En IGME: Geología ambiental. Publicaciones del IGME, Madrid, pp. 25-32. 1988.

ENVIRONMENT AUSTRALIA. “Overview of Best Practice Environmental Management in Mining, 2002.

GARZÓN; PARDO & ALFARO, clasificación metalográfica del mineral de hierro.2003 y 2005.

GÓMEZ OREA, Metodología para la elaboración de un plan de ordenamiento minero ambiental, Instituto Geológico y Minero de España, 1994.

GÓMEZ OREA, D. Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico. Publicaciones IGME. Madrid, 238 p.1994

GONZÁLEZ, María y DÍAZ, Angélica. Flora y fauna del municipio de Paipa, Boyacá. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2013.

GRUPO DEL BANCO MUNDIAL, DIVISIÓN DE PETRÓLEO, GAS Y MINERÍA. "Guidance Notes for the Implementation of Financial Surety for Mine Closure", 2008.

HILDENBRAND, Andreas. Política de Ordenación del Territorio en Europa, Sevilla, 1996.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y CIAF (sistema de clasificación fisiográfica del terreno), Plan de ordenamiento territorial de Paipa. 2009.

IGAC. Plan de ordenamiento territorial de Paipa. 2009.

IGAC. Plan de ordenamiento territorial del municipio de Paipa. Medio socioeconómico y cultural. 2009.

INDUSTRIAL MINERAL ROCKS, Propiedades físicas y químicas de la puzolana 1975.

INGEOMINAS. Informe técnico cartografía geológica y estructural sector sur del municipio de Paipa, proyecto de geodinámica, Bogotá. 2003. P 14.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO, "Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development: Chapter 9, 2002.

INSTITUTO INTERNACIONAL SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE. 2012.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, Madrid, 1989

ITGE. Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y medio ambiente. 1999.

LANGENHEIM. EN RENZONI. Geología del municipio de Paipa, 1981.

MAVDT. Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana, Bogotá, 2002.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Lineamientos para la política nacional de ordenamiento ambiental del territorio. 1998.

MINMINAS, UPME. Plan Nacional de Desarrollo Minero, Bogotá, 1998.

PÉREZ, Nicolás y TORRES, Edelber. Diseño del método de explotación para la cantera santa Cecilia localizada en el municipio de Nobsa (Boyacá). Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. Sogamoso. 2012.

RENZONI G. (1981), Geología del municipio de Paipa, 1981.

STANTON. Clasificación del mineral de hierro según su composición. 1972.

THOURET, Estudio geomorfológico del sur de Paipa 1981.

TORRES Jorge y ROA Edgar. El Componente Minero en los Planes de Ordenamiento Territorial, Bogotá, 2003.

VAN DER HAMMEN. Geología estructural del departamento de Boyacá. 1990.

XII CONGRESO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA. Salida de Campo, Volcán de Paipa (Boyacá): Geología, Potencial geotérmico y minero. Paipa. 2009.

Agencia para la Protección del Ambiente de los EEUU (EPA) (1994) "Technical Report: Design and Evaluation of Tailings Dams." <http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/industrial/special/mining/techdocs/tailings>.

Agencia para la Protección del Ambiente de los EEUU (EPA) (1998) "Principles of Environmental Impact Assessment Review." Publication No. 315B98012 600. <http://www.epa.gov/nscep/>

Australia Water and Rivers Commission (2000) "Water Quality Protection Guidelines for Mining and Mineral Processing - No. 10: Above-ground fuel and chemicals storage." <http://www.water.wa.gov.au/PublicationStore/first/10142.pdf>.

Instituto Internacional sobre Desarrollo Sostenible (January 2002) "Research on Mine Closure Policy." http://www.iied.org/mmsd/mmsd_pdfs/044_cochilco.pdf.

MINEO Consortium (2000) "Review of potential environmental and social impact of mining." <http://www2.brgm.fr/mineo/UserNeed/IMPACTS.pdf>.

ANEXOS